



Mémoire des lacs et mémoire des sociétés du Moyen Âge à nos jours : approche palynologique et historique de la moyenne montagne jurassienne et alpine (lac de Remoray, Doubs ; glissement de Mont Granier, Savoie)

Laurie Murgia

► To cite this version:

Laurie Murgia. Mémoire des lacs et mémoire des sociétés du Moyen Âge à nos jours : approche palynologique et historique de la moyenne montagne jurassienne et alpine (lac de Remoray, Doubs ; glissement de Mont Granier, Savoie). Paléontologie. Université de Franche-Comté, 2016. Français. NNT : 2016BESA1001 . tel-01386786

HAL Id: tel-01386786

<https://theses.hal.science/tel-01386786>

Submitted on 24 Oct 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ
ÉCOLE DOCTORALE « LANGAGES, ESPACES, TEMPS, SOCIÉTÉS »**

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en

ARCHÉOLOGIE, TERRITOIRE ET ENVIRONNEMENT

**MÉMOIRE DES LACS ET MÉMOIRE DES SOCIÉTÉS
DU MOYEN ÂGE A NOS JOURS :
APPROCHE PALYNOLOGIQUE ET HISTORIQUE
DE LA MOYENNE MONTAGNE JURASSIENNE ET ALPINE
(LAC DE REMORAY, DOUBS ;
GLISSEMENT DU MONT GRANIER, SAVOIE)**

Vol.1 - Texte

Présentée et soutenue publiquement par

Laurie MURGIA

Le 19 janvier 2016

Sous la direction de Mme Émilie Gauthier et Mr Paul Delsalle

Membres du jury :

Didier GALOP, Directeur de recherche CNRS, Université de Toulouse 2, Rapporteur
Emmanuel GARNIER, Directeur de recherche CNRS, Université de La Rochelle, Rapporteur
Marie-Françoise ANDRÉ, Professeur, Université de Clermont 2, Examinatrice
Amélie QUIQUEREZ, Maître de Conférences, Université de Bourgogne, Examinatrice
Christophe PETIT, Professeur, Université de Paris 1, Examineur
Sébastien BULLY, Chargé de Recherche CNRS, Université de Bourgogne, Examineur
Émilie GAUTHIER, Professeur, Université de Franche-Comté, Co-directrice
Paul DELSALLE, Maître de Conférences, Université de Franche-Comté, Co-directeur

« Quelle relation avez-vous avec la nature ? (par nature il faut entendre les rivières, les arbres, les oiseaux au vol rapide, les poissons dans l'eau, les minéraux sous la terre, les cascades et les toute petites mares). Quelle relation avez-vous avec tout cela ? »

« La plupart d'entre nous ne sont pas conscients de cette relation. Jamais nous ne regardons un arbre vraiment ou si nous le faisons, c'est pour l'utiliser, nous asseoir sous son ombrage ou l'abattre pour en faire du bois de construction. En d'autres termes, nous regardons les arbres dans un but utilitaire. Nous ne regardons jamais un arbre sans nous projeter sur lui ou l'utiliser à notre convenance. Nous traitons la terre et ses ressources de la même façon. Nous n'aimons pas la terre, nous nous contentons de l'utiliser. Si nous l'aimions vraiment, nous utiliserions ses ressources avec frugalité. Si nous voulons comprendre notre relation avec la terre, nous devons puiser dans ses ressources avec beaucoup plus d'égards. Comprendre notre relation avec la nature est aussi difficile que de comprendre notre voisin, notre femme et nos enfants ».

Jiddu Krishnamurti, *De la nature et de l'environnement*, éd. Du Rocher, 1994

Remerciements

La mémoire des lacs et celle des femmes et des hommes qui ont vécu en ces terres de moyenne montagne durant ces derniers siècles ne saurait exister sans les acteurs de la recherche qui contribuent depuis longtemps à la faire vivre, à la comprendre et à transmettre leur passion à de jeunes étudiants...

Ainsi, je commencerai par exprimer de sincères remerciements à Émilie Gauthier, co-directrice de cette thèse, Hervé Richard et Vincent Bichet, proches collaborateurs, qui, depuis ma « petite section » suivent et poussent ces travaux de recherche autour de la haute vallée du Doubs et qui m'ont emmené un peu plus au sud dans le cadre de cette thèse « mi-alpine ». Je soulignerai simplement leur passion débordante et contagieuse pour ces territoires particuliers qui les ont poussés à traverser l'océan dans le cadre des recherches groenlandaises mais dont un œil bien avisé et plein de projets reste tourné vers leurs terres jurassiennes ! Je remercie également Paul Delsalle, co-directeur de cette thèse, pour avoir accepté de rejoindre l'équipe dans le cadre de ce projet pluridisciplinaire qui ouvrira sans doute des portes à de nouvelles aventures bien remplies au vu des recherches menées en Franche-Bourgogne !

Mes pensées se dirigent à présent vers les personnes qui portent aussi ce travail : Amélie Quiquerez, sans qui cette thèse n'aurait pas pris les mêmes couleurs grâce aux recherches menées sur le Granier, mais aussi grâce à son amabilité et sa pédagogie ; et Christophe Petit, à qui je rappelle que les carottes de Morimond sont toujours au frais ! J'adresse des remerciements particuliers aux étudiants et doctorants qui ont participé à ce projet dont Fanny Biasini et Aurore Amiot pour la partie alpine et Simon Belle, pour notre sujet d'étude commun du lac de Remoray qui a su développer un professionnalisme scientifique étonnant. Je soulignerai, de plus, le travail et l'investissement de Bruno Tissot, conservateur de la Réserve Naturelle du lac de Remoray et de son équipe ainsi que tous les passionnés, rencontrés ou non, qui font vivre l'histoire de ces lieux.

Cette thèse ne serait pas non plus née sans les aides du Ministère de l'Éducation et de la Recherche, de l'Université de Bourgogne-Franche-Comté dont font partie le laboratoire Chrono-Environnement et l'École Doctorale LETS. Je remercie aussi chaleureusement les personnes, dont je souligne la pluridisciplinarité, qui ont accepté de juger ce travail : Didier Galop, Emmanuel Garnier, rapporteurs et Marie-Françoise André, Sébastien Bully, Amélie Quiquerez et Christophe Petit, examinateurs.

J'adresse toute mon estime aussi à tous les acteurs de la recherche qui ont donné leur temps, leur pédagogie et leurs connaissances techniques et scientifiques, essentielles à l'édification de ce projet : Christophe Mavon, Christophe Loup, Agnès Stock, l'équipe du laboratoire Edytem (Chambéry) et toutes les personnes participant au bon fonctionnement matériel et scientifique du laboratoire Chrono-Environnement.

Durant ces huit dernières années (pas seulement de thèse !), beaucoup de personnes sont passées dans les couloirs du laboratoire. Toutefois, j'aime à penser que certaines ont toujours fait partie de mon environnement de travail ! Ainsi, je remercie chaleureusement Isabelle Jouffroy-Bapicot, pour ses talents pédagogiques et scientifiques de palynologue et son immense cœur. Je pense aussi à Julien Didier, qui a encadré mes barbotages dans les préparations polliniques. Je poursuivrai Maxime Mermet, l'homme de la situation, toujours prêt à dégainer un tube eppendorf mais surtout, dont la bienveillance et l'ouverture à de riches discussions, autant scientifiques que philosophiques et divertissantes n'ont pas été de trop ces dernières années. Je tiens à saluer aussi les chercheurs « anciens », Boris Vannière, Olivier Girardclos, Laurent Millet, Damien Rius, Michel Magny ou encore Dominique Sordoillet et tous les chercheurs « naissant » que sont les étudiants, doctorants et post-doctorant que j'ai croisé durant ces dernières années. Je souhaite tout d'abord un immense bonheur et merci à Albane Rossi, Rebecca Perruche et Aline Carrasco, fidèles consœurs, certes géographiquement éloignées des couloirs de la Bouloie mais plus pour longtemps (!), j'ai une pensée particulière pour mes collègues du bureau -123M, Typhaine Guillemot, Aurore Dupin, Céline Maicher et mes collègues de couloirs, Simon Belle, Anne-Lise Mariet, Fanny Duprat-Oualid, Benjamin Diètre. Je n'oublierais pas non plus ceux qui sont partis avant moi Elise Doyen et Charly Massa (spéciale dédicace d'ailleurs pour son accompagnement dans les premiers mois de ma thèse). Et bien sûr, sans les énumérer tous, j'ai bien évidemment une pensée pour les étudiants, doctorants, post-doctorants participant à cette folle aventure de la recherche, qu'elle soit paléoenvironnementale, archéologique, ou historique.

Il ne reste plus qu'à me diriger vers mes amis, ma famille et ma belle-famille dont la bienveillance n'a jamais fait défaut. Et puisque la mémoire est ici de mise, je tiens à la dédier à Martine, à mon grand-père, à Alain et à François.

Pour conclure, merci à toi Fabien pour ton soutien, ta présence, ta musique et aussi : « *A mind is like a parachute. It doesn't work if it is not open.* » (F. Zappa).

SOMMAIRE

Remerciements	5
Sommaire	9
Introduction	15

PARTIE I

<i>Les interactions sociétés-environnement en zone de moyenne montagne durant le dernier millénaire : concepts et contexte scientifique, problématiques</i>	21
---	----

1. Approche croisée des interactions sociétés-environnement en zone de moyenne montagne	21
1.1. Définition et enjeux d'une zone de moyenne montagne	21
1.2. « Interactions » de la recherche	23
1.2.1. Réflexions introductives	23
1.2.2. Les interactions sociétés-environnement	25
1.2.3. Paléoenvironnement, Histoire et Archéologie : état de la recherche en zones de moyenne montagne	27
1.3. Le dernier millénaire à la loupe	28
1.3.1. Questionnements sur le temps et l'espace	28
1.3.2. Des thématiques particulières	29
1.4. Avantages et limites méthodologiques	34
1.4.1. La pluralité des sources pour une histoire de l'environnement	34
1.4.2. La possibilité d'une étude paléoenvironnementale à haute-résolution	37
2. Choix des zones ateliers et questionnements particuliers	39
2.1. Localisation des zones d'étude	39
2.2. Remarques sur le cadre temporel	40
2.3. Paysages et interactions sociétés-environnement dans la moyenne montagne jurassienne : la question du dernier millénaire	40
2.3.1. Des acquis et des zones de flou	40
2.3.2. Approches croisées paléoenvironnement-histoire-archéologie : tentatives et réussites	42
2.3.3. Le choix du lac de Remoray	43
2.4. Dynamiques végétales et construction des terroirs alpins de moyenne montagne au cours du dernier millénaire	44
2.4.1. Un cadre propice aux études pluridisciplinaires	44
2.4.2. L'éboulement du Mont Granier en 1248 : un évènement extrême à l'origine d'une structuration complexe des paysages et des sociétés	44

PARTIE II

<i>Matériel et méthodes</i>	49
1. Sources paléoenvironnementales	49
1.1. Forages	49
1.2. Choix des séquences et stratégies d'échantillonnage	50
1.3. Analyses sédimentaires et géochimiques	50
1.4. Datation	53
1.5. Analyse des grains de pollen, spores et microfossiles non-polliniques	56
1.5.1. Extraction des palynomorphes et préparation des échantillons	56
1.5.2. Comptage et détermination	56
1.5.3. Expression et organisation des résultats	58
1.5.4. Précisions sur les indices polliniques d'anthropisation	62
1.6. Récapitulatif des analyses paléoenvironnementales menées sur les différents sites étudiés	71
2. L'approche historique : sources bibliographiques, " butinage" archivistique et explorations méthodologiques	72

PARTIE III

<i>1500 ans d'histoires autour du lac Savoureux (Remoray, massif jurassien)</i>	85
1. Cadre de la zone d'étude	85
1.1. Situation géographique	85
1.2. Contexte géologique et hydrologique	85
1.3. Climat et végétation actuelle	88
1.4. Contexte paléoenvironnemental du val de Saint-Point	92
1.5. Contexte archéologique et historique	97
2. Résultats	102
2.1. Caractérisation de la séquence étudiée	102
2.2. Datations et taux de sédimentation	105
2.3. Résultat des analyses des grains de pollen, spores et microfossiles non-polliniques	106
2.3.1. Estimation de la résolution temporelle des échantillons traités	106
2.3.2. Description du diagramme	106
3. 1500 ans d'histoires autour du Lac Savoureux	125
3.1. Commentaires croisés	125
3.2. Approche comparative de l'occupation des sols par les cartes et les données palynologiques	136
3.3. Conclusion	142

PARTIE IV

<i>Recolonisation végétale et humaine autour du lac Saint-André suite à l'éboulement du Mont Granier (Massif de la Chartreuse, Alpes)</i>	147
---	-----

1. Présentation de la zone d'étude	147
1.1. Localisation, caractéristiques et particularités physiques de la zone	147
1.2. Contexte paléoenvironnemental	153
1.3. Histoire croisée de la Savoie et des villages au pied du Mont Granier	155
2. L'étude du lac Saint-André	163
2.1. Présentation du site	163
2.2. Résultats des analyses paléoenvironnementales	166
2.2.1. Caractérisation de la séquence	166
2.2.2. Datation	167
2.2.3. Analyse des grains de pollen, spores et microfossiles non-polliniques	168
3. Du néant post-éboulement au paysage actuel	177
3.1. Commentaires croisés	177
3.2. Approche comparative de l'occupation des sols par les cartes et les données palynologiques	191
3.3. Conclusion	196

PARTIE V

<i>Synthèse, conclusion et perspectives</i>	199
---	-----

Bibliographie	209
Sources issues des archives	243
Liste des illustrations	247
Abréviations	251

INTRODUCTION

Cette thèse s'inscrit dans un mouvement amorcé depuis plus de trente ans qui considère que de nouvelles pistes de recherche sortiraient du croisement de disciplines qui n'étaient pas a priori censées se rencontrer autour de problématiques communes. Comme d'autres avant nous, nous avons tenté de croiser les apports issus de l'archéologie et des sciences historiques avec celle de la paléobotanique - plus précisément de l'analyse pollinique -, de la sédimentologie et de la géomorphologie. En agissant ainsi, en comparant ces données issues de plusieurs disciplines, avons-nous alors fait plutôt de la trans-, de la multi-, de la pluri-, ou de l'interdisciplinarité ?

Plusieurs auteurs ont attiré notre attention sur cette réflexion. La pensée d'Edgar Morin fait figure de référence dans la conceptualisation et l'application de cette terminologie moderne de la connaissance. Son intervention lors du colloque « Carrefour des Sciences » en 1990, intitulée *De l'interdisciplinarité* (Morin, 1990) constitue une base pour comprendre son point de vue et donner un sens à ces concepts. L'auteur, en partant d'une critique de la spécialisation disciplinaire (sans lui enlever tout intérêt non plus), explique les dérives possibles d'un repli sur elle-même de cette monodisciplinarité pouvant évoluer vers une hyperdisciplinarité et donc entraîner une scission de connaissance. À travers des exemples de coopération, confrontation, ou mutualisation des savoirs, cette communication invite le chercheur à ouvrir les champs du possible vers de nouveaux horizons afin de comprendre mieux ou différemment la réalité complexe.

Des périodes préhistoriques au monde contemporain, l'étude des sociétés et des paysages offre aux sciences actuelles un large éventail de réflexions. L'épicentre des problématiques est la compréhension de l'évolution interdépendante de ces deux entités, désigné aujourd'hui sous les termes d'interactions sociétés-environnement. De ces points de réflexions est née la question des interactions disciplinaires dont les fruits ont contribué à enrichir et proposer une nouvelle vision à la fois historique mais aussi méthodologique à notre environnement passé, actuel et futur. L'union des différentes approches paléoenvironnementales, archéologiques, historiques, géographiques, sociologiques, ou encore ethnologiques a incontestablement changé les paradigmes, toutes périodes confondues. En outre, les paysages et le peuplement particuliers des zones de moyenne montagne sont connus pour fournir un contexte de recherche singulier à la vision que nous pouvons avoir des dynamiques humaines et environnementales. Particulièrement sensibles aux aléas climatiques ainsi qu'aux événements politiques, économiques et sociaux qui ont traversé tous les âges, ces territoires "sub-montagnards" constituent un laboratoire de travail riche et original.

Il a été largement démontré que l'étude des sédiments lacustres permettait d'acquérir des informations sur les conditions environnementales régnant dans les bassins versants des lacs. Ils ont alors été dotés du terme "d'archives naturelles". Plus encore peut-être que les sédiments tourbeux qui ont d'abord été explorés, les sédiments de fond de lacs - donc à l'écart des perturbations anthropiques directes, des vagues et battements de nappe -, offrent un excellent potentiel, tout particulièrement lorsqu'on étudie l'évolution des climats passés et surtout les transformations successives des pratiques agro-pastorales. Pour alimenter les modèles prédictifs, les chercheurs se focalisent aujourd'hui sur les périodes récentes, en particulier celle où les sociétés humaines, qui se sédentarisent en ouvrant les forêts, en développant l'élevage et l'agriculture, ont un impact grandissant sur la dynamique des bassins versants des lacs et sur les paramètres qu'ils enregistrent. En réponse à ces multiples paramètres forçant, les systèmes lacustres génèrent alors des signaux complexes, où les rôles respectifs de l'Homme et du climat s'entremêlent.

Cette thèse propose ainsi d'établir des liens entre la mémoire des lacs et la mémoire des sociétés successives. Ces mémoires nous livrent pour les périodes médiévales, modernes et contemporaines un jeu de données paléoenvironnementales et historiques important. L'outil palynologique, particulièrement développé ici, adjoint aux données historiques et archivistiques est une occasion de mettre en évidence les modalités de mise et de remise en place des peuplements de ces territoires particuliers. L'approche millénaire et à haute-résolution de l'étude, en plus de fournir un cadre propice aux échanges disciplinaires, permet de participer à la compréhension des rythmes d'occupation du sol, des pratiques agro-pastorales et des impacts socio-économiques et climatiques qui ont caractérisé les sociétés et les environnements du Moyen-Âge à nos jours. Enfin, une approche exploratoire sera proposée sur la question même de ce croisement des données palynologiques et archivistiques où les cadastres anciens, témoins instantanés de l'occupation du sol, seront mis en miroir avec les résultats des analyses polliniques. En effet, dans les deux disciplines, la reconstitution des paysages naturels et anthropiques, entre autres, pose des problèmes quant à la quantification des résultats obtenus. La confrontation des données cadastrales, des documents d'imposition, et des données palynologiques, soumises à une représentativité complexe seront ici l'occasion de mettre en évidence des similitudes, des différences et des questionnements sur la façon d'utiliser et de comprendre nos données.

Ainsi, après avoir précisé le contexte scientifique et les questionnements abordés dans ce travail (Partie 1), les méthodes employées, majoritairement communes aux différents sites ateliers seront exposées en Partie 2.

Nous nous concentrerons d'abord (Partie 3) sur le massif jurassien, et plus particulièrement à la haute vallée du Doubs, où les vastes forêts de résineux et le climat parfois rude, ont longtemps véhiculé l'idée d'une terre hostile à un genre de vie traditionnel. Les recherches passées paléoenvironnementales et historiques ont offert des considérations parfois contraires particulièrement sur la question de l'anthropisation tardive de la région. En nous concentrant sur les alentours du lac de Remoray, situé à 850 m d'altitude, nous tenterons d'apporter des éléments par une étude palynologique précise basée sur mille cinq cent ans de réponse sédimentaire, soutenu par un corpus historique documentaire et archivistique relativement riche.

Le second site (Partie 4), située un peu plus au sud, dans la partie savoyarde du Massif de la Chartreuse, trouve son origine dans ce qui donne à la montagne une autre idée plutôt menaçante : les risques naturels. En effet, le site étudié a pour cadre une zone dévastée en 1248 de notre ère par un immense glissement de terrain suite à la chute d'une partie du Mont Granier (1933 m d'altitude). Cet événement, privant une partie de la vallée de cinq paroisses et d'un millier d'habitant, et vu à l'époque comme une punition divine, a engendré rapidement un nouveau territoire, aussi bien topographique, végétal que socio-économique. La formation post-éboulement de lacs dans toute la zone touchée constitue une occasion inédite pour une étude paléoenvironnementale. L'étude particulière des sédiments du lac Saint-André, situé sur la commune actuelle des Marches, sera ainsi l'occasion de suivre pas à pas cette reconquête végétale et humaine, appuyé par les travaux des archéologues, historiens et géologues.

Enfin, la synthèse générale des résultats, les conclusions et perspectives prendront place en Partie 5.

PARTIE 1

**Les interactions sociétés-environnement
en zone de moyenne montagne durant le dernier millénaire :
*concepts et contexte scientifique, problématiques***

1. Approche croisée des interactions sociétés-environnement en zone de moyenne montagne

1.1. Définition et enjeux d'une zone de moyenne montagne

La détermination d'une zone de moyenne montagne n'est pas chose facile et échappe aux définitions déterministes classiques comme en témoigne la littérature de ces dernières décennies. Sans faire une description détaillée des débats et des changements concernant la dénomination de « moyenne montagne » (voir entre autres : Bozon *et al.*, 1980 ; Diry, 1995 ; Rieutort, 1997 ; Bettinger & Ornaux, 2011), il apparaît qu'il s'agit autant d'un concept que d'un terme strictement géographique. Ainsi, certains caractères biogéographiques (altitude, pédologie, climat, végétation...) et caractères socio-économiques (un impact humain en mosaïque, la polyculture y est encore possible : *« C'est en somme un prolongement de l'économie des plaines dans un milieu théoriquement moins favorable. »* ; Diry, 1995) aiguillent la discussion mais le caractère universel du terme est lui aussi controversé : *« Il n'y a pas une moyenne montagne mais des moyennes montagnes »* (Diry, 1995).

En 2011, à la demande du Datar (Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale), une typologie des campagnes françaises avec pour cible les espaces à « enjeux spécifiques » a été réalisée sur des critères socio-économiques et paysagers (Hilal *et al.*, 2012). Parmi ceux-ci, la montagne a fait l'objet d'une typologie spécifique permettant d'avoir une image de ces zones de montagne française (fig.1, voir page suivante). Bien que cette vision soit majoritairement socio-économique, elle nous permet de mesurer le caractère hétérogène de ces zones qualifiées de moyenne montagne et de prendre conscience de leur importance spatiale à l'échelle du territoire.

C'est donc certainement en partie à cause des questionnements initiaux que l'objet d'étude « moyenne montagne » est souvent resté modestement étudié jusqu'à ce qu'elle devienne, à partir du milieu du XX^{ème} siècle, objet de questionnements multiples sur le passé, le présent et le futur : *« Aussi voit-il s'élaborer depuis cinquante ans un nouveau statut de l'espace montagnard, qui d'espace de vie quotidienne devient espace de récréation, ce qui se traduit au niveau politique par l'aménagement successif de deux zones altitudinales différentes : la "haute" puis la "moyenne" montagne. De ce fait, « on constate l'émergence progressive durant les deux dernières décennies, puis l'affirmation au cours des années les plus récentes, de la notion de "moyenne montagne" »* (Gumuchian, 1991, cité dans Bettinger & Ornaux, 2011).

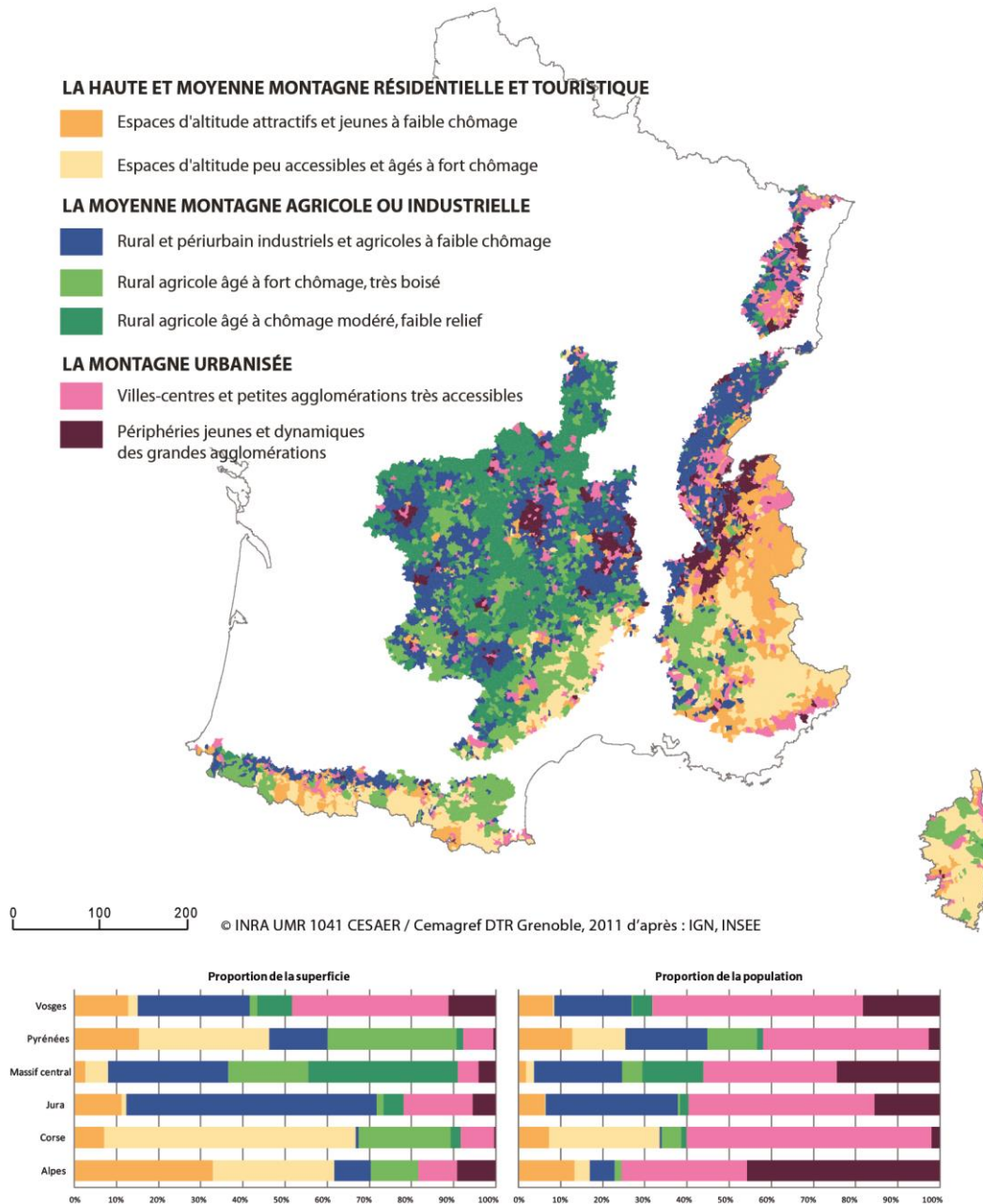


Figure 1 - Typologie de la montagne (d'après Hilal *et al.*, 2012)

Ainsi, cet intérêt socio-économique et politique a également touché les disciplines paléoenvironnementales, archéologiques, géographiques et historiques (voir 1.2.3.).

Depuis que la recherche s'intéresse à l'histoire humaine et naturelle de ces territoires particuliers, de grands projets sont nés. Toutes les moyennes montagnes françaises sont alors ciblées et un constat général est adopté : nous ne savons pas grand-chose de l'histoire de ces territoires. Nous verrons qu'ils font l'objet de connaissances historiques, archéologiques et paléoenvironnementales souvent inégales.

Des études ont abouti dans certaines régions à la construction d'une charpente solide, mais le développement scientifique ne s'est pas fait partout de la même façon. *Rome ne s'est pas faite en un jour*, dira-t-on, mais une certaine inégalité règne. Des zones sont privilégiées, au gré des chercheurs qui veulent bien y investir, des enjeux politiques divers mais aussi des vieux débats encore en cours sur le potentiel archéologique, par exemple. Certaines disciplines, thématiques ou époques sont mises en avant et il semble donc que toutes les zones ne soient pas investiguées à la mesure de leur potentiel.

1.2. « Interactions » de la recherche

1.2.1. Réflexions introductives

Ce chapitre avait pour titre initial « approche *pluridisciplinaire* du dernier millénaire en zone de moyenne montagne ». C'est en voulant définir le terme de pluridisciplinarité que le changement s'est effectué. En effet, en parcourant la bibliographie sur la question, il est apparu que la réflexion devait aller plus loin.

Tout d'abord, en traitant du croisement des données issues de plusieurs disciplines, on croise différentes terminologies. Trans-, multi-, pluri-, interdisciplinarité, laquelle utiliser ?

Plusieurs auteurs ont attiré notre attention et le choix s'est concentré sur quelques exemples concrets. Comme nous l'avons déjà souligné dans l'introduction générale, les réflexions d'Edgar Morin ont constitué un point de départ intéressant. Sans nous plonger dans les vastes publications issues de sa réflexion (voir les ouvrages fondateurs de *La Méthode*, composé de plusieurs tomes dont *Science avec conscience*, 1982), rappelons simplement que l'auteur nous pousse à réfléchir sur la relativité de la complexité et, en ce sens, dépasser ce qui pourrait bloquer les dynamiques de la connaissance. Dans *Sur l'interdisciplinarité* (Morin, 1990), les termes d' « interdisciplinarité, de multi- ou polydisciplinarité et de trans-disciplinarité » sont définis comme « polysémiques et flous ».

Avec la création du CIRET en 1987 (Centre international de recherches et études transdisciplinaires dont Edgar Morin est membre fondateur), un grand nombre d'études et de publications ont éclos. Le *Manifeste de la Transdisciplinarité* (porté par Basarab Nicolescu, 1996) offre, en plus d'une charte destinée à tous ceux qui portent le projet de l'interdisciplinarité, les clefs pour la compréhension des différents concepts. Pour Nicolescu, la naissance de la pluridisciplinarité et de la transdisciplinarité, au milieu du

XXème siècle, est à chercher dans le besoin de lier les connaissances face à une explosion des savoirs et des disciplines (« *l'ère du big-bang disciplinaire* ») et les définitions suivantes sont proposées.

La pluridisciplinarité (ou multi- et polydisciplinarité chez Morin) est alors selon Nicolescu « *l'étude d'un objet d'une seule et même discipline par plusieurs disciplines à la fois* ». Cet objet et ce que l'on peut en connaître sera alors « *enrichi du croisement de plusieurs disciplines* » mais « *sa finalité reste inscrite dans le cadre de la recherche disciplinaire* ». A titre d'exemple appliqué à nos domaines, un manuscrit médiéval peut être étudié par le regard de l'historien, croisé avec celui de l'archiviste, du linguiste mais aussi du chimiste et même du botaniste ou du zoologue.

L'interdisciplinarité est quant à elle, le « *transfert des méthodes d'une discipline à l'autre* ». Nicolescu (1996) distingue dans l'interdisciplinarité trois degrés : (i) un degré d'application, (ii) un degré épistémologique, (iii) un degré d'engendrement de nouvelles disciplines. Ainsi, appliqué à l'archéologie par exemple, on peut imaginer le degré (i) par le transfert des méthodes de la physique conduisant à la découverte de nouvelles données sur les structures enfouies (par exemple les prospections géophysiques) ; (ii) par le transfert des méthodes de la biologie moléculaire qui génère des analyses intéressantes dans la paléogénétique humaine et animale ; (iii) par le transfert des méthodes de la géographie qui a engendré l'archéogéographie ou la géographie historique (Bertrand, 1975, voir 1.2.2.).

Concernant la **transdisciplinarité** (« trans » signifiant entre, à travers et au-delà), Nicolescu explique que sa « *finalité est la compréhension du monde présent, dont un des impératifs est l'unité de la connaissance* ». Le terme apparaît en France en 1970 dans le titre d'un colloque sur l'enseignement créé par Jean Piaget (*transdisciplinarité de l'enseignement supérieur* qu'il a d'ailleurs changé en *l'interdisciplinarité dans l'enseignement*). Piaget réfléchit alors sur la transgression des frontières disciplinaires : qu'y-a-t-il à la fluctuation des frontières ? Il y a quelque chose de nouveau qui se passe, une nouvelle connaissance (explication tirée de l'entretien vidéo de Nicolescu, *Quelle est l'origine du mot transdisciplinarité ?* MNHN, Canal U, 25 septembre 2015). Alors, la transdisciplinarité entraîne une ouverture vers ce qu'il y a entre, à travers et au-delà des disciplines et engendre une réalité multiple.

Parmi les nombreux chercheurs qui se sont intéressés à la définition de ces concepts, Alain Létourneau (2008) a attiré notre attention en écrivant : « *Rappelons les préfixes les plus fréquents : l'inter-, la multi- et la pluri- qui existent tous et renvoient à cet élément*

central bien que tenu dans l'ombre, le « disciplinaire » comme tel. Cette expression invite à des collaborations en remplaçant le mot « science », par le renvoi à quelque chose comme la « discipline ». Ce foisonnement de termes à préfixe et l'évitement du mot science lui-même au profit de la discipline manifestent un besoin de travailler dans des perspectives élargies, dans des équipes variées et aux apports complémentaires ».

La littérature autour de ces questions foisonne et en faire un état des lieux exhaustif n'est pas ici fondamental. Cette brève incursion didactique des notions de savoirs pluriels nous permet d'amener le cadre théorique et méthodologique de notre étude vers les aspects qui sont propres au monde des sciences humaines et naturelles développés dans cette thèse.

Toutefois, à ce stade de la réflexion, qualifier le caractère de notre travail paraît encore flou. S'agit-il d'un travail pluridisciplinaire autour de l'archéologie ? Autour de la palynologie ? Pratiquons-nous une interdisciplinarité autour de la palynologie, autour du paléoenvironnement autour de l'histoire globale d'un territoire ?

1.2.2. Les interactions sociétés-environnement

« Après tout, l'interdisciplinarité devrait être aux sciences ce que la sexualité est à la vie : un outil de brassage qui renouvelle à l'infini la diversité des êtres dans un cas, celle des questionnements et des réponses dans l'autre. » (Beaulieu de, 2006). En plus de faire une bonne transition avec le chapitre précédent, cette citation de Jacques-Louis de Beaulieu, palynologue, résonne particulièrement en guise d'introduction à ce nouveau chapitre. Nous pourrions alors nous demander si ce *brassage* entre sciences de la nature et sciences de la société a seulement contribué à la naissance de nouvelles questions et réponses ou si on peut envisager que l'interdisciplinarité va au-delà d'une vision *génitrice* et donc en quelque sorte se rapprocher de la notion de transdisciplinarité (Nicolescu, 1996).

L'étude des sociétés, de l'environnement et des relations que ces sociétés entretiennent avec celui-ci est par essence une thématique faisant appel à de multiples spécialistes et a fait un long chemin depuis les fondements. Les travaux des géographes et historiens des années trente déjà (Vidal de la Blache, 1921 ; Febvre, 1922 ; Bloch, 1931 ; Dion, 1934), qui étudient alors l'évolution des paysages en relation avec les systèmes agraires, les formes d'habitats et les techniques agraires constituent une première approche bien que ces études paysagères se restreignaient à l'étude des processus juridiques, sociaux

et économiques de l'occupation du sol et de la mise en valeur des espaces sans aborder vraiment le thème de la transformation des milieux (Beck, 1999).

Les années 1960-70 peuvent être considérées comme le réel point de départ d'une révolution dans l'approche pluridisciplinaire des interactions sociétés-environnement avec la naissance de l'histoire du climat (Le Roy Ladurie), l'éco-histoire (Robert Delort), l'archéo-géographie (Gérard Chouquer) ou encore l'histoire écologique (George Bertrand). Ce dernier énonce dans l'introduction de l'ouvrage *Histoire de la France rurale* les nouvelles orientations concernant l'anthropisation en annonçant l'étude du « naturel des terroirs » et de l'« interaction homme-milieu » (Bertrand, 1975). L'archéologie en fait son cheval de bataille dès les années 1990 avec par exemple la parution de l'ouvrage collectif dirigé par Jean Guilaine « *Pour une archéologie agraire. A la croisée des sciences de l'homme et de la nature* » (Guilaine dir., 1991). Depuis, on observe un véritable accroissement et un caractère pluri- et interdisciplinaire des études et recherches notamment dans les organismes nationaux et institutionnels (voir à ce propos la thèse de Krautberger (2012) où est détaillé le processus complexe de cette ouverture environnementale ainsi que les travaux de Jollivet dont sa publication « *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières* » (Jollivet dir., 1992) ; mais aussi Girel, 2006 ; Legay, 2006 ; Locher et Quenet, 2009 ; Frescoz *et al.*, 2014 ; Chenorkian & Robert, 2014).

Le propos ici n'est pas à une étude bibliographique et historiographique de la question de la naissance et des évolutions de ces notions mais plutôt de réfléchir sur l'état actuel du cadre des recherches que nous avons menées.

Comment définir notre (nos) science(s) ? Comme le souligne Bernard Davasse dans l'introduction de son Habilitation à Diriger des Recherches (Davasse, 2015) et reprenant lui-même les travaux de Chouquer et Watteaux (2013 et Watteaux et Chouquer, 2014), faire appel à une multitude de disciplines afin d'établir un schéma de l'histoire de l'environnement et des relations hommes-milieux a entraîné la création d'un grand nombre de termes symptomatiques de ces questionnements, il conclut ainsi : « *Cette pléthore d'expressions traduit plus un rapport de force inter ou intra-disciplinaires et des prises de position dans un champ scientifique encore émergent que des divergences de fond clairement exprimées.* » (Davasse, 2015).

De plus, bien que la notion d'interdisciplinarité soit systématiquement jointe à l'histoire de la recherche environnementale et humaine passée, présente ou future, le

constat de nombreux chercheurs (entre autres : Burnouf *et al.*, 2007, Davasse, 2015) est que l'idéalisme d'un mariage interdisciplinaire dépasse bien souvent la réalité du terrain. La pratique de l'interdisciplinarité se heurte à de nombreux obstacles tels que les notions de temporalité, d'espaces et bien sûr de méthodes (voir Partie 1-1.4.).

1.2.3. Paléoenvironnement, Histoire et Archéologie : état de la recherche en zones de moyenne montagne

Le croisement des données paléoenvironnementales, géographiques, historiques et archéologique a conduit à des résultats offrant une approche différente des dynamiques et relations sociétés-environnement : « *La systématisation des démarches interdisciplinaires qui allient sciences sociales et disciplines de l'environnement, et du paléoenvironnement en particulier* » (Galop *et al.*, 2003). Les études croisées sont évidemment nombreuses à l'échelle mondiale mais nous nous concentrerons ici sur l'état de la recherche en zones de moyenne montagne française.

À partir des années 1980, toutes ces zones situées en marge des grands pôles de peuplement sont investiguées par la pluridisciplinarité. Les thèmes étudiés abordent ces questions des interactions sociétés-environnement à travers l'étude des dynamiques de peuplement, des activités agro-pastorales, de la gestion des forêts...

Le colloque *du Pollen au Cadastre* organisé par le *Groupe d'Histoire des Forêts Françaises* en 1985 (Villeneuve d'Ascq, 10-12 octobre 1985, publié dans *Hommes et Terres du Nord*, n°2-3, 1986) a offert des études telles que *Palynologie et sources écrites* (Gresser et Richard, 1986), corrélant les données palynologiques et archivistiques pour la compréhension de la colonisation du massif jurassien. Ce type d'études en initiera de nombreuses autres, tels les travaux de Didier Galop (1998) sur le Massif pyrénéen. Par exemple, dans ses recherches sur l'histoire de la Cerdagne (Galop, 1999) où sont mis en regard les données de l'histoire médiévale de la région et les recherches palynologiques, l'auteur aboutit au constat que les résultats des deux disciplines s'accordent suffisamment bien pour que la confirmation des événements soit faite. Toutefois, il met déjà en exergue le côté réducteur d'une démarche de vérification des faits historiques par l'utilisation de la palynologie et insiste sur le fait que cette dernière pouvait apporter sa *propre lecture de l'histoire* en se plaçant dans des dynamiques temporelles différentes. Cette zone pyrénéenne sera, et est encore de nos jours, une fourmilière à idées concernant les approches croisées paléoenvironnement, histoire et archéologie (voir les travaux de

Christine Rendu, Jean-Paul Métaillé, Bernard Davasse, Jérôme Bonhôte, Jean-Michel Carozza...).

Le concept est ainsi en marche et se multiplie. Programmes de recherches, ouvrages de synthèse (voir par exemple : Miras & Surmely dir., 2006) fourmillent. Sans pouvoir être exhaustif, notons dans le Massif central, par exemple les recherches dans la région de l'Aubrac (Fau (dir), 2006 ; Faure, 2012), le Plateau de Millevaches (Miras, 2004), le massif du Morvan (Jouffroy-Bapicot, 2011), le Mont Lozère (Lavoie *et al.*, 2006, Servera-Vives, 2014), le massif du Cantal (Miras *et al.*, 2006 ; Summerly *et al.*, 2009), le plateau des Dômes (Ballut *et al.*, 2008), le bassin versant de la Loire (Burnouf *et al.*, 2003) et dans les Vosges, quelques exemples comme la thèse de Rochel (2004) ou les travaux de Goepp (2007), Forel *et al.* (2010) et plus récemment la thèse de Anne-Lise Mariet (en cours, Laboratoire Chrono-environnement, UMR 6249, voir Mariet *et al.*, 2014).

Pour le massif jurassien, en plus des travaux menés dans les années 1980 (Gresser et Richard, 1986 ; Daubigney et Richard, 1986), les approches paléoenvironnementales, historiques et archéologiques sont traités à travers les grandes études menées sur la préhistoire (voir le collectif Argobast ed., 2014 autour des travaux de Pétrequin ; Cupillard, 2010 ; Cupillard, 2014), de la protohistoire et de l'histoire (Gresser, 2002 ; Gauthier, 2004) et des thématiques particulières tel que le sel (Dufraisie & Gauthier, 2002). Le territoire alpin, aussi vaste soit-il, offre des travaux importants avec par exemple, du Nord au Sud, les études menées en Oisans (Coûteaux, 1983a), en Champsaur (Beaulieu de *et al.*, 2003 ; Court-Picon, 2007). Enfin, même si la spécificité insulaire de la Corse lui confère un caractère particulier, elle n'en reste pas moins un territoire de moyenne montagne qui participe à cette recherche (voir par exemple les travaux de Vella, 2010, Vella *et al.*, 2014).

1.3. Le dernier millénaire à la loupe

1.3.1. Questionnements sur le temps et l'espace

Ces dernières années ont vu le développement de travaux interdisciplinaires sur la « longue durée » associé à la prise en compte des dynamiques spatiales à plus larges échelles avec comme enjeux de comprendre les dynamiques humaines et naturelles avec une vision plus globale. Cette prise en compte du temps et de l'espace répond à une nécessité d'inclure les phénomènes que nous observons dans un processus plus large afin de palier certains déterminismes. On lira à titre d'exemple, le plaidoyer de Jean Guilaine « *Changeons d'échelle : pour la très longue durée, pour de larges espaces* » dans le

numéro spécial paru en 2000 d'*Etudes Rurales*. Les études menées ont fourni des réponses et des ouvertures plus précises sur les notions d'héritages, de ruptures, de résiliences (Burnouf *et al.*, 2007).

Le développement de l'histoire environnementale, particulièrement, a donc contribué à créer un nouveau paradigme. Pour les historiens « classiques », la question de la « longue durée » est encore complexe (sans rentrer dans les détails, voir Braudel, 1969 et les débats autour de la parution de *The History Manifesto* de Guldi et Armitage (2014), notamment dans les *Annales* (2015/2) qui fournissent un état des lieux de la question). Ainsi, le cadre spatio-temporel et disciplinaire de notre travail nous a amené à des questionnements particuliers. Où se place l'étude de deux sites de moyenne montagne, sur une échelle temporelle de 1000 ans ? Tout est une question de placement disciplinaire on y revient et elle est loin d'être fermée.

1.3.2. Des thématiques particulières

Dynamiques de peuplement et pratiques agro-pastorales

Le dernier millénaire au sens large constitue une période de révolution dans divers champs de l'histoire socio-économique européenne. Les évolutions technologiques liées aux pratiques agro-pastorales et forestières, l'essor démographique ou encore les heurts sociaux et politiques constituent des thèmes essentiels dans la compréhension des interactions sociétés-environnement. Fait de ruptures et de continuités, le dernier millénaire offre un cadre de recherche complexe. La période médiévale, où la ruralité est dominante et essentielle dans l'économie occidentale, subit des phases de croissance et de crises liées à des facteurs climatiques, sociaux, politiques et économiques. Sans être une rupture nette avec l'époque précédente, la période moderne voit le temps de la Réforme, des Lumières et des Révolutions transformer les sociétés et les milieux (Bloch, 1931 ; Duby, 1962 ; Duby et Wallon (dir.), 1975-1976 ; Puzelat, 2002 ; Leturcq, 2004). Enfin, de la fin du XIX^{ème} siècle à nos jours, les transformations socio-économiques et politiques ont entraîné des mutations généralisées (Mayaud, 2006).

La moyenne montagne est un espace particulier où de nombreux facteurs naturels (relief, climat) entrent en jeu dans le développement des sociétés médiévales, modernes et contemporaines. Loin du caractère « hostile » attribué parfois dans la littérature ancienne, les espaces de moyenne montagne ont été des lieux choisis et investis pour leurs spécificités même si souvent, les choses ne se sont pas faites au même rythme que dans les

plaines. Nous verrons, dans les parties 3 et 4, les phases et événements particuliers de l'histoire des zones jurassiennes et alpines.

Le climat du dernier millénaire

La terre est soumise depuis tout temps à des phases de réchauffement et de refroidissement. Ces variations sont la résultante d'interactions complexes entre atmosphère, hydrosphère, cryosphère, lithosphère, biosphère et humain. Le climat est alors un thème inéluctable de l'étude des interactions sociétés-environnement. Il répond à un certain nombre d'interrogations dont la détermination des forçages anthropiques et climatiques sur les processus naturels telles que les dynamiques végétales, et d'autre part, participe à la compréhension des interactions sociétés-environnement (et donc, climat).

Le réchauffement de la planète depuis la fin du XIX^{ème} siècle a entraîné une multiplication des travaux contribuant à comprendre le climat du dernier millénaire. L'étude des différentes phases climatiques qui ont traversé cette période a fourni des avancées considérables dans la détermination des mécanismes et variabilités climatiques afin entre autres d'offrir des simulations et modèles prédictifs. L'étude des *proxies* climatiques (indicateur permettant de quantifier les paramètres environnementaux) issus des archives naturelles continentales et marines (biologiques et physico-chimiques ; des plus « classiques » comme les archives lacustres, dendrologiques, glaciaires, aux plus originales comme l'utilisation de la composition isotopique de l'oxygène de l'émail dentaire animal et humain (voir Daux *et al.*, 2005) a permis d'établir des modèles d'estimation de températures, de précipitations et de participer à mieux comprendre les variabilités internes et les forçages permettant d'identifier les causes et conséquences des fluctuations climatiques (voir à ce propos les documents de l'IPPC : Solomon *et al.*, 2007 et Masson-Delmotte *et al.*, 2013 ; Poitou *et al.*, 2015 ; Khodri *et al.*, 2015).

Les données historiques comme les fluctuations glaciaires ont participé à la naissance de la question climatique chez les historiens et les données issues de l'archivistique, permettent de reconstituer, selon les cas, les fluctuations climatiques longues ou courtes à travers un jeu de données directes (telles les mesures instrumentales météorologiques, servant d'ailleurs à la calibration pour les modèles climatiques passés) ou indirectes (indications de changements climatiques et d'événements extrêmes à travers les sources phénologiques, les archives administratives, privées et religieuses) (voir par ex. : Alexandre, 1987 ; Pfister, 1988, Pfister & Guerreau, 1988 ; Pfister *et al.*, 1996 ;

Holzhauser, 1988 et 1997 ; Holzhauser *et al.*, 2005 ; Grove, 2004 ; Le Roy Ladurie, 1967, 2004, 2006 et 2009 ; Le Roy Ladurie *et al.*, 2011 ; Garnier, 2010).

Pour poser rapidement le cadre, à l'échelle de l'hémisphère Nord, ces travaux ont conduit à une simulation climatique du dernier millénaire composé de plusieurs phases majeures (fig. 2 et pages suivantes) : l'*Optimum Médiéval* autour de l'an Mil avec ses températures clémentes, le *Petit Âge Glaciaire* et sa tendance au refroidissement durant la fin du Moyen Âge et la période Moderne et le *Réchauffement Actuel* débuté à l'aube du XXème siècle. Ces variations sont le fait de différents forçages. Les activités humaines, évidemment, ont joué un rôle sur la composition atmosphérique en faisant augmenter les concentrations de gaz à effet de serre à partir de la fin du XIXème siècle mais les facteurs naturels (changements de l'orbite terrestre, activité volcanique, activité solaire) ont aussi joué un rôle prépondérant dans ces modifications climatiques (fig. 2a).

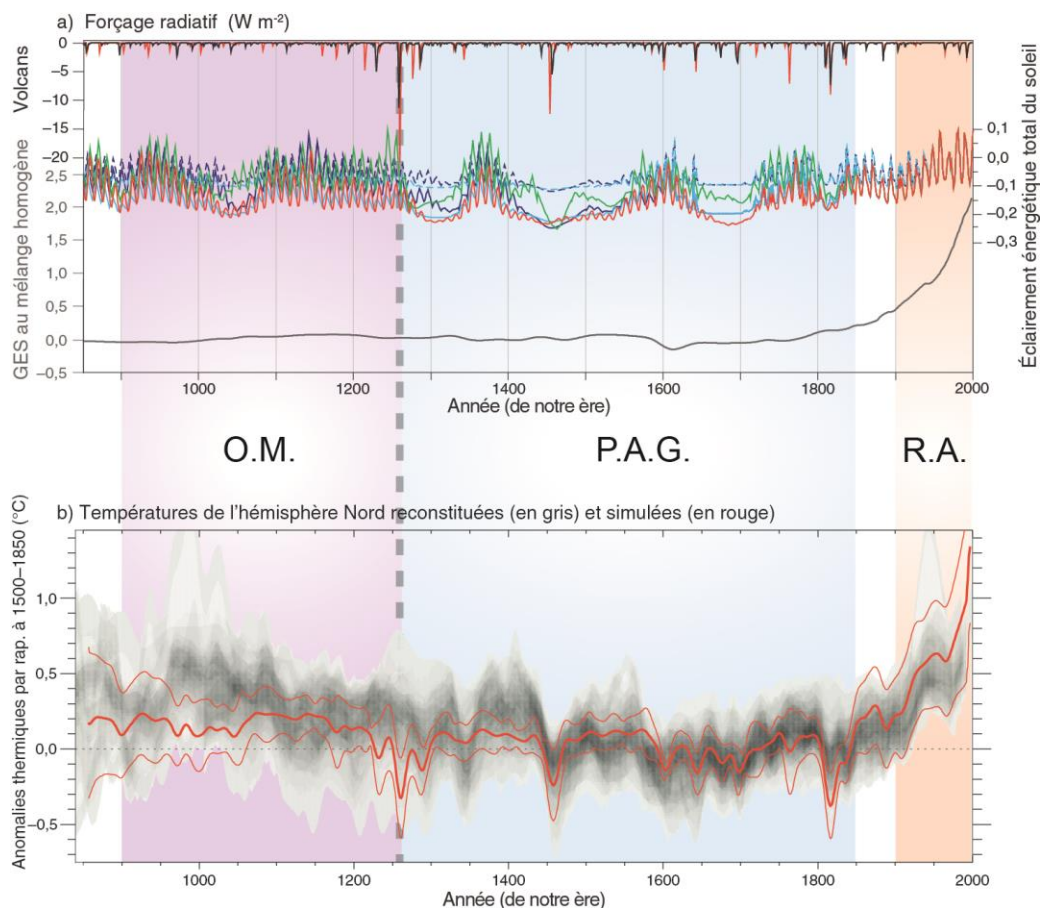


Figure 2 - Simulations et reconstitutions pour la période 850 à 2000 de notre ère
(a) forçage radiatif dû aux volcans, au soleil et aux gaz à effet de serre
(b) évolution de la température de l'hémisphère Nord simulée et reconstituée.
(Modifié d'après Stocker *et al.*, 2013)

- **L'Optimum Médiéval (O.M. fig. 2)** ou Petit Optimum Médiéval (*POM*) (entre environ 950 et 1250 AD) : des conditions relativement douces en moyenne sur l'hémisphère Nord.

Il semble que l'on peut attribuer les termes *Optimum Climatique Médiéval* à Hubert Lamb qui, en 1965, formule la *Medieval Warm Epoch* à propos des observations qu'il réalise sur des données diverses (historiques, archivistiques, carottes glaciaires et cernes d'arbres) de l'Europe de l'Ouest. Il conclut que les hivers furent moins sévères et les étés plus secs dans une fourchette chronologique allant d'environ 1000 à 1200, voire 1300 A.D. selon les régions du globe (Lamb, 1965 et 1977).

Par la suite, un grand nombre d'études ont contribué à étayer cet épisode climatique médiéval (voir par exemple la synthèse de Hughes & Diaz (1994) « *Was there a Medieval Warm Period, and if so, where and when?* »). Ainsi, les travaux des glaciologues ont montré des avancées dans les glaciers suisses (Grove & Switsur, 1994 ; Holzhauser, 1997). L'étude des niveaux de lacs jurassiens confirme qu'une période autour de l'an Mil s'inscrit effectivement dans une phase d'amélioration climatique par la baisse des niveaux lacustres (Magny, 1993 ; Magny *et al.*, 2011). Il a été montré par ailleurs que l'activité des crues torrentielles dans les Alpes fût globalement moins importante, dû à une activité hydrologique plus faible, malgré quelques événements extrêmes pouvant souligner le caractère chaud et humide de la période (Jacob *et al.*, 2009 ; Wilhem, 2012). En se basant sur les reconstitutions de températures, Mickaël Mann et ses collaborateurs (Mann, 2002 ; Mann *et al.*, 2009), ont rebaptisé la période *anomalie climatique médiévale* (d'après Stine, 1994), démontrant l'hétérogénéité spatiale du phénomène. La variabilité naturelle en tant que cause de ce réchauffement a été mise en évidence par exemple par les travaux de Goosse *et al.* (2012) et de Magny *et al.* (2010). Les travaux des historiens ont contribué à préciser spatio-temporellement le phénomène et ont confirmé que l'épisode de l'optimum médiéval certes plus clément (Alexandre, 1987 ; Le Roy Ladurie, 2004 ; Garnier, 2010), ne fût sûrement pas chaud tous les ans, ni uniforme à l'échelle du globe. L'historien Emmanuel Garnier (2010) nous met d'ailleurs en garde contre une vision uniforme de la « *vulgate académique* » considérant cet épisode (et pour le PAG aussi par ailleurs) ; à l'aide des archives médiévales, il nous indique par exemple que les périodes les plus favorables semblent être 1160-1210 et 1260-1310.

Pour conclure, notons que cette période génère une pléthore de discussions dans les débats actuels sur le réchauffement climatique. Les climatosceptiques, en observant le réchauffement médiéval, trouvent leur argument pour compromettre la réalité du

réchauffement actuel (voir par exemple Zaccai *et al.* 2012). Aux paléoclimatologues de conseiller alors aux chercheurs (?) : « *When using the terms “medieval warm period” and “medieval climate anomaly,” researchers need to be aware of some of the ambiguities and recognize the inherent limitations of using this terminology on the grounds that it may be imprecise, uninformative, or generally inappropriate; they also very probably divert attention from more revealing ways of thinking about Earth’s climate over the past two millennia.* » (Diaz *et al.*, 2011).

- **Le Petit Âge Glaciaire (PAG, fig. 2)** (entre environ 1300 et 1850 AD) : des températures plus fraîches, l’extension de nombreux glaciers continentaux et de la couverture de glace de la mer Arctique et en Atlantique nord subpolaire.

Les débats et discussions sur le Petit Âge Glaciaire sont nombreux quant à son début, ses variations et son impact sur les sociétés. Les pistes bibliographiques sont nombreuses et émanent de toutes disciplines. D’une façon générale, le PAG se caractérise par des températures plus basses que la moyenne des dernières décennies du XX^{ème} siècle. On se référera par exemple aux travaux de Grove, dans ses ouvrages *Little Ice Ages* (vol.1 et 2 ; 2004), qui a effectué un travail de synthèse mondial notamment sur les glaciers.

Concernant les débuts du PAG en Europe, les historiens annoncent le début du XIV^{ème} siècle comme une « *installation en force* » (Le Roy Ladurie *et al.*, 2011) à partir de l’observation des glaciers (Pfister *et al.*, 1996 ; Holzhauser *et al.*, 2005) ou de phénomènes sociétaux (grandes famines du XIV^{ème}...). Cette date est débattue encore à l’heure actuelle. Entre le XIV^{ème} siècle et le XIX^{ème} siècle, le climat n’est pas uniformément froid. En plus des observations archivistiques (Le Roy Ladurie, 2004, Garnier, 2010), l’observation de l’activité solaire de ce dernier millénaire a permis d’identifier des phases de minimums solaires : Oort 1060 AD ; Wolf 1282-1342 AD ; Spörer 1450-1534 AD ; Maunder 1645-1715(ou 1675-1704) AD (Pfister *et al.*, 1996). Dans le Massif jurassien et les Alpes par exemple, ces variations ont été corrélées avec les fluctuations des niveaux de lacs et de l’indice de croissance du sapin ce qui a conduit à mettre en évidence l’impact de la variabilité naturelle sur les variations du PAG. (Magny *et al.*, 2010 ; Bichet *et al.*, 2015). Nous y reviendront plus tard. La définition de la fin du PAG semble moins complexe, les années 1850 semblent mettre tout le monde d’accord.

- **Le Réchauffement Actuel (RA, fig. 2)** (fin du XIX^{ème} siècle-actuel)

Depuis la période préindustrielle, le réchauffement global observé est de + 0,85 °C. Les concentrations de gaz à effet de serre durant ces 150 dernières années, dues à la

combustion des matières fossiles carbonées issues des activités humaines ainsi qu'un forçage radiatif positif en sont les causes majeures (Rapport du GIEC, 2013).

Toutefois, bien que ces épisodes soient admis pour la globalité de la planète, les variabilités spatiales et temporelles indiquent des spécificités régionales et locales, particulièrement pour les périodes précédant le réchauffement actuel. **Les bornes chronologiques, les intensités et les impacts, positifs, négatifs ou nuls de ces variations sur les sociétés du dernier millénaire sont alors à nuancer et à approfondir.** C'est en ce sens que les recherches menées ces dernières décennies ont contribué à régionaliser les informations à travers des jeux de données issus de diverses disciplines. En effet, une des questions majeures de ces dernières décennies est celle du déterminisme climatique sur l'évolution des sociétés médiévales et modernes, traversées par ces épisodes. Les résultats particuliers liés à nos zones d'études seront détaillés dans les parties 3 et 4. On peut déjà noter que dans le massif jurassien et les Alpes, les travaux corroborent les grandes tendances climatiques du dernier millénaire (Magny *et al.*, 2010 ; Bichet *et al.*, 2015).

1.4. Avantages et limites méthodologiques

En paléoenvironnement, l'étude exclusive du dernier millénaire n'est pas chose courante et répond à plusieurs objectifs. Face au développement des études multi-proxies et interdisciplinaires, un travail centré sur une période relativement courte (pour les palynologues) paraît être un bon moyen d'établir des corrélations fiables entre les différents acteurs de la recherche (partage de données, partage de visions) même si la vision d'un historien et celle d'un palynologue diffère d'un point de vue temporel et spatial. En effet, adapter des données historiques au discours paléoenvironnemental (et vice-versa) n'est pas chose aisée et nécessite inévitablement des « arrangements méthodologiques » de part et d'autre.

1.4.1. La pluralité des sources pour une histoire de l'environnement

Etudier une phase temporelle allant du Moyen Âge à nos jours offre la possibilité d'un jeu de données variées pour aborder la question des interactions sociétés-environnement. S'ajoutant aux possibilités paléoenvironnementales abordant des thématiques variées telles que les dynamiques végétales, les emprises/déprises agropastorales ou les variations climatiques, l'apport des données historiques relatives à l'environnement est indéniable. Le contexte de la recherche (voir Partie 1-1.2 et 1.3) a permis de créer une vision environnementale de l'histoire. L'emploi des sources issues de l'archivistique permet d'aborder les interactions sociétés-environnement même si le

constat redondant de l'aspect « dormant » des archives utiles à cet emploi est fait par de nombreux chercheurs.

Pour l'histoire climatique, la question a déjà été abordée (voir Partie 1-1.3.2.). Les sources sont nombreuses (comme les données météorologiques instrumentales, archives administratives, religieuses, particulières ; voir par exemple : van Engelen, 2006). Les sources pour décrire l'environnement paysager, l'organisation des territoires, les pratiques agro-pastorales sont aussi multiples. Les illustrations, photographies et cartes anciennes et leur sources manuscrites associées (cartulaires, terriers, registres de gruerie et martelages, statistiques et enquêtes agricoles et forestières...) constituent des réservoirs d'informations diverses (voir par ex. : Corvol, 1999 et 2003). Les représentations paysagères, cartes et cadastres ont par exemple été investiguées à travers de multiples études. Depuis les travaux pionniers de Bloch (1931), posant alors les jalons de la méthode régressive (étudier les paysages à partir des documents planimétriques en suivant « en sens inverse la ligne des temps »), la démarche s'est développée dans de nombreuses reconstitutions géo-historiques (Baud, 2010).

Trouver des méthodes pour croiser les méthodes, même si la phrase est un peu pesante, elle exprime bien les réflexions menées dans ces histoires de l'environnement. Les historiens se penchent entre autres, sur la question de la quantification des données tirées des sources écrites (Zalc & Lemercier, 2008 ; Garnier, 2010) en prenant en compte le fait que ces sources archivistiques sont inégalement disponibles selon les lieux et les époques.

Dans ce travail, palynologie et histoire sont particulièrement visées. L'outil du palynologue lui, est le pollen et les spores qui, chaque année, sont produits par les végétaux afin de se reproduire. Cette « pluie pollinique », déposée et conservée grâce à une grande résistance à la corrosion dans les sédiments qui s'accumulent d'année en année, représente la composition et la densité des espèces végétales qui entouraient le site de prélèvement à un moment donné et constitue une archive plurimillénaire des variations environnementales. En plus de décrire précisément l'évolution du couvert végétal depuis la fin de la dernière période glaciaire, cette archive apparaît depuis quelques décennies comme l'une des clefs de la compréhension des facteurs jouant un rôle dans les dynamiques globales, qu'elles soient naturelles ou anthropiques. En effet, en plus de la perception des dynamiques naturelles, la palynologie s'attache à la recherche et à la compréhension des indices polliniques d'anthropisation (I.P.A.), témoins des activités agro-pastorales et des impacts humains multiples sur le paysage. Ceux-ci, développés dans les années 1980 (Behre, 1981, 1986) ont donné lieu depuis à un approfondissement des

acquis, proposant des analyses multi-paramètres dans toute la France (entre autres : Richard, 1983 ; Marguerie, 1991 ; Ruffaldi, 1993 ; Galop, 1998 ; Gauthier, 2004 ; Miras, 2004 ; Brun, 2007 ; Court-Picon, 2007 ; Jouffroy-Bapicot, 2010 ; Cugny, 2011). La présence des grains de pollens de plantes cultivées, de plantes messicoles, de plantes liées aux milieux piétinés et/ou pâturés ou encore les fluctuations d'espèces manifestant une ouverture/fermeture du milieu sont autant de signes potentiels (voir Partie 2- 1.5.4.).

En parallèle des grains de pollen et des spores, le palynologue se trouve confronté à une variété de microrestes conservés dans les sédiments et résistants à la corrosion naturelle ou chimique. Appelés « microfossiles non-polliniques » (Abrév. M.N.P.), ceux-ci sont composés de nombreux restes d'origine fongique (spores, fructifications, mycéliums), algale (spores, cellules et coenobes), végétale, protozoaire (thèques) et métazoaire (fragments de cuticules, griffes, poils, œufs) (Cugny, 2011). Certains microfossiles non-polliniques (spores de champignons, algues...) présents dans les échantillons, participent, en plus d'informations purement environnementales, à la reconnaissance et la détermination de l'impact anthropique. Les activités pastorales sont particulièrement touchées par cette méthode à travers par exemple l'étude des spores de champignons coprophiles, présentes dans les déjections d'herbivores. Liée à une présence de marqueurs polliniques, ces microfossiles, bien souvent d'origine locale du fait de leur faible dispersion, peuvent ainsi souligner les activités anthropiques (voir Partie 2- 1.5.4.). Bien que l'intégration de ces microrestes soit relativement jeune dans les études palynologiques, les résultats ont montré leur potentiel indicateur paléoenvironnemental « L'école Néerlandaise » via l'Université d'Amsterdam peut être considérée comme fondatrice dans l'analyse des microfossiles non-polliniques (par exemple : van Geel, 1978, 1986 ; van Geel *et al.*, 1980, 1983 ; Pals *et al.*, 1980 ; Bakker et Smeerdijk, 1982) où les premiers travaux d'identification, d'interprétation environnementale et de confrontation avec les données polliniques donneront les bases à bon nombre de palynologues suivants, actuels et futurs. Entre 1990 et aujourd'hui, les microfossiles non-polliniques deviennent un proxy généralisé dans les études paléoenvironnementales et font l'objet de nombreuses analyses dans le monde entier, toutes périodes confondues. Les publications se composent autant d'études multi-paramètres de séquences tourbeuses ou lacustres, d'analyses de référentiels actuels et de préconisations analytiques (comptages optimaux, abondances) que d'études spécialisées sur une famille, un genre, une espèce de microfossile non-pollinique.

En France, depuis ces 10 dernières années, les travaux se sont multipliés. De nombreuses zones sont couvertes par les recherches. Le sud-ouest, incluant les Pyrénées et les chercheurs espagnols, a fait preuve d'un souffle particulier avec des analyses multi-

proxys, des études pluridisciplinaires et des études de référentiels actuels (Cugny et al., 2010 ; Cugny, 2011 ; Ejarque *et al.*, 2010 ; López-Vila *et al.*, 2014). Si l'on se tourne du côté alpin, on peut citer les travaux réalisés dans la vallée du Champsaur (Court-Picon, 2007) ou dans les zones suisses et italiennes (Hillbrand *et al.*, 2012, 2014, Diètre *et al.*, 2014) et certains lacs font l'objet de recherches méthodologiques sur la quantification des microfossiles non-polliniques (Etienne *et al.*, 2013 ; Etienne et Jouffroy-Bapicot, 2014). Le massif du Morvan et ses marges tient aussi une place importante (Ballut *et al.*, 2008 ; Jouffroy-Bapicot, 2010 ; Servera-Vives *et al.*, 2014). En Franche-comté, les travaux d'Angélique Laine (2012) sur la basse vallée du Doubs constituent une base pour l'étude des périodes proto-historiques et antiques. Dans les plateaux jurassiens plus élevés, les périodes préhistoriques et proto-historiques sont représentés par des études multi-proxys (Gauthier, 2004, 2012, Murgia, 2011, Vallard, 2015) et d'analogues actuels (Diètre *et al.*, 2012). D'autres régions offrent des études plus clairsemées de ce type comme en Lorraine (Etienne, 2011), dans la plaine de la Saône (Argant *et al.*, 2011), en Auvergne (Argant *et al.*, 2007, Ballut *et al.*, 2008) ou encore dans le nord-ouest avec la thèse en cours d'Aurélié Reinbold (Université Rennes 2, CERHIO).

Concernant l'étude du dernier millénaire, l'outil palynologique ne peut à lui seul fournir des indications claires sur les fluctuations climatiques et les phénomènes sociaux-économiques. Même si la variation de taxons « sensibles » ou les phases de déprises et emprises agricoles peuvent constituer des indices potentiels, la dynamique lente de la végétation face à des épisodes annuels, décennaux ou séculaires ainsi que les modifications anthropiques parfois intenses sur le paysage contribuent à brouiller le signal perçu dans les analyses (Richard, 1988 ; Schoellammer, 1997). La confrontation des données sédimentaires, historiques et archéologiques constitue donc un passage obligatoire pour préciser ces phénomènes.

1.4.2. La possibilité d'une étude paléoenvironnementale à haute résolution

Une des opportunités de la reconstitution paléoenvironnementale est de pouvoir travailler les différents proxys paléoenvironnementaux à « haute-résolution ». Dans le langage de la discipline, cela revient à étudier une séquence sédimentaire avec un échantillonnage stratigraphique fin, voire très fin, afin d'avoir un maximum de détails dans les variations et donc une sorte d'effet loupe sur les modalités d'apparition/disparition/perdurance, les chronologies, voire même les causes des événements étudiés.

Dans la pratique, la haute-résolution est à envisager avec précaution. Les processus sédimentaires ne sont pas linéaires et appréhender les phases de perturbations (crues, hiatus sédimentaires divers...) est une chose essentielle qui nécessite une fois de plus un œil avisé, spécialisé et critique. La datation des sédiments est aussi inévitablement importante. Dans le cas des sédiments laminés lacustres, l'annualité des dépôts permet une approche à haute-résolution relativement aisée et utile dans de nombreuses disciplines (Giguet-Covex, 2010). Toutefois, tous les milieux propices aux études paléoenvironnementales (lacs, tourbières...) n'offrent pas une sédimentation régulière et donc la datation précise des séquences doit être un passage obligé.

La haute-résolution en palynologie fait partie des réflexions menées depuis l'aube de la discipline. Toutes les périodes chronologiques sont concernées par ces questionnements. Les temps anciens (contemporains des périodes glaciaires et tardiglaciaires), où seules les dynamiques végétales et les variations climatiques sont appréhendées, font l'objet de cette méthode afin de mieux comprendre les oscillations climatiques et végétales et leur interactions et donc établir des palynostratigraphies plus fines (Richard *et al.*, 2000 ; Popescu, 2001).

Dans les études ayant comme objectifs l'observation des relations sociétés-environnement, le recours à la haute-résolution semble évident et indéniablement lié à la pluridisciplinarité, comme nous l'explique Didier Galop (2000) : « *En définitive, c'est l'origine même de ces rythmes - des seuils et des ruptures - mis en évidence par les recherches palynologiques, qui pose un problème analytique fondamental et dont l'explication n'est pas univoque. [...] Surgissent alors certaines difficultés liées au décalage entre l'échelle d'analyse de la palynologie et la réalité des évolutions propres aux sociétés rurales : le temps de l'environnement et le temps des sociétés ne s'écoulent pas de la même manière et il peut sembler difficile de les accorder. La solution consiste certainement à systématiser les études palynologiques à haute résolution à même d'identifier des dynamiques de courte durée, à dater précisément des phénomènes décrits et, surtout, à confronter les résultats avec d'autres types de sources, lorsqu'elles existent.* ».

2. Choix des zones ateliers et questionnements particuliers

2.1. Localisation des zones d'étude

C'est dans ce contexte de moyenne montagne que se situent nos terrains d'étude. D'une part, le lac de Remoray et ses marges (fig. 3,a.) ; une région jurassienne, par son identité montagnarde, mais qualifiée de Haut-Doubs, témoignant de la particularité physique qui la détache du reste du département. Et d'autre part, le territoire issu du glissement médiéval du Mont Granier (fig. 3,b.) , au pied du Massif de la Chartreuse, situé à la confluence des derniers plis jurassiens et de la genèse alpine.

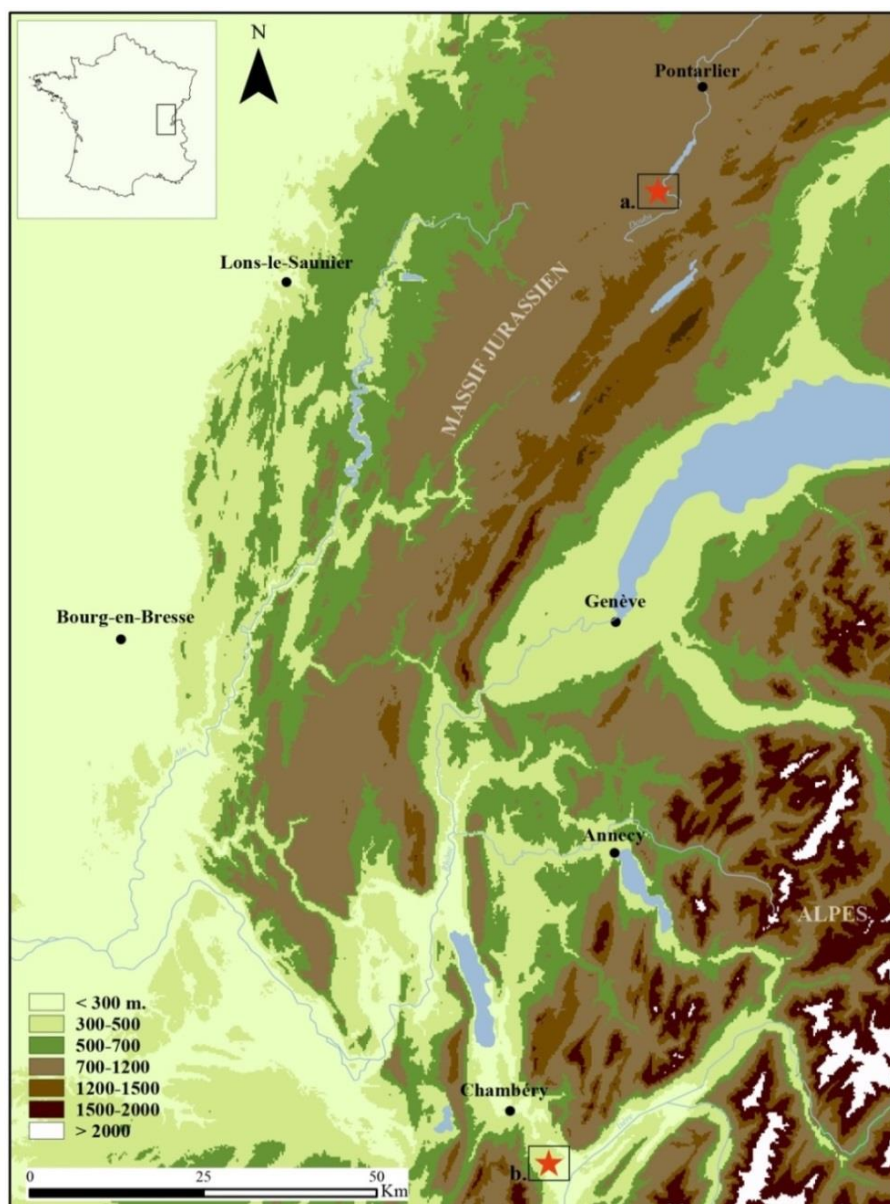


Figure 3 - Localisation des zones d'étude
(a) lac de Remoray ; (b) éboulement du Mont Granier

2.2. Remarques sur le cadre temporel

Dans les deux cas d'étude, l'emploi du terme *dernier millénaire* semble quelque peu abusif mais permet d'identifier le cadre temporel principal. En effet, la séquence sédimentaire étudiée dans le Haut-Doubs (lac de Remoray) couvre plutôt la période allant de 450 A.D. à l'actuel. En somme, 1500 ans d'enregistrement sédimentaire ont été traités. Cette extension chronologique vise tout d'abord à aborder les thématiques importantes précédant le passage de l'an Mil telles que la transition Bas-Empire/Haut Moyen Âge dans les montagnes jurassiennes et les oscillations climatiques régionales. Ensuite, afin d'aborder correctement la mise en place des dynamiques sédimentaires et environnementales, et les interactions hommes-milieus des grands changements au tournant de l'an Mil, il parut nécessaire d'avoir un regard sur le contexte des quelques siècles antérieurs.

Concernant la zone du Granier, les séquences analysées sont liées chronologiquement à celles de l'éboulement (1248 de notre ère), ce qui ampute de deux siècles notre appellation « dernier millénaire ». Par manque de temps et de matériel, l'étude, dans un contexte proche, des périodes précédant l'éboulement n'a pas pu être mise en place mais constitue une perspective inévitable.

2.3. Paysages et interactions sociétés-environnement dans la moyenne montagne jurassienne : la question du dernier millénaire

2.3.1. Des acquis et des zones de flou

En guise d'introduction à ce chapitre, reprenons les questions posées par les palynologues locaux au milieu des années 2000 (Gauthier et Richard, 2007) dans un article dédié à la forêt jurassienne au cours des deux derniers millénaires :

« Comment aller plus loin maintenant ? Bien qu'ayant fait des progrès très importants ces dernières années, la datation précise des phénomènes décrits est encore à améliorer. Conscient des limites de sa méthode, le palynologue cherche sans cesse à progresser. Les hypothèses formulées ici tiennent compte par exemple des distorsions possibles dues à la taille des récepteurs [...] Mais peut-on aller au-delà du schéma qui consiste à suivre la succession des emprises et des déprises agricoles? La cause de ces phénomènes est d'abord à préciser dans la plupart des cas : phénomènes naturels, fluctuations démographiques, aléas socio-économiques... Il faut pousser encore plus loin la description des groupements végétaux perçus par la palynologie: quels types de forêts,

quel était leur degré d'ouverture, quelles cultures, quelles surfaces emblavées, cultivées, pâturées ?... Pourra-t-on aller jusqu'aux pratiques agricoles ? ».

Cette citation extraite de la conclusion des auteurs constitue un des points de départ de ce projet de thèse. Dans le massif jurassien, après les nombreuses campagnes de recherches paléoenvironnementales menées ces dernières décennies, le temps de la synthèse est arrivé et a entraîné plusieurs constats. Tout d'abord, malgré les nombreuses séquences analysées, les observations faites sur les dynamiques de ces mille dernières années restent à préciser pour certaines zones avec notamment la question de la pression des événements politiques, sociaux et climatiques sur ces populations montagnardes jurassiennes, souvent soulevée autant par les paléoclimatologues (Magny, 1993 ; Magny *et al.*, 2010) que par les historiens (Carry-Renaud, 2011). Les fluctuations climatiques (Optimum Médiéval, Petit Âge Glaciaire, Réchauffement actuel) et les événements socio-économiques et politiques (épidémies, guerres, gestion et organisation du territoire et des pratiques) nécessitent une approche fédérée paléoenvironnement-histoire-archéologie.

Les terres du Haut-Doubs, et particulièrement de la région du lac de Remoray, offre une vision fragmentaire de l'état de la recherche pluridisciplinaire et ce, toutes périodes confondues. Nous parlerons ici plus particulièrement des temps historiques, développés dans cette thèse. Bien que la recherche archéologique de ces deux derniers millénaires ne soit pas un vide dans les terres d'altitudes franc-comtoises (Bully, 2009 ; Bully et Sapin, 2011), les terres investiguées restent majoritairement concentrées dans la partie jurassienne, au sens départemental du terme. Les zones jouxtant notre aire d'étude sont loin d'être exhaustives concernant le potentiel archéologique médiéval et postérieur malgré les recherches menées ces dernières années (particulièrement sur la période mérovingienne : Manfredi *et al.*, 1992 ; Passard *et al.*, 2003 ; Videaux et Lajoux, 2014 ; et actuellement, la poursuite des diagnostics et fouilles menées par l'INRAP et le SRA autour de Pontarlier). Enfin, notons les récents projets nés de la création de la ZAAJ (Zone Atelier Arc Jurassien) avec par exemple la thèse commencée en 2015 portant en partie sur l'évolution du peuplement médiéval et des paysages en contexte de moyenne montagne du haut Jura central (Valentin Chevassu, en cours, sous la direction de Emilie Gauthier et Pierre Nouvel, Université de Franche-Comté) et les prospections LIDAR (Mathieu Thivet et Vincent Bichet dir.).

Les travaux historiques universitaires, eux, bien qu'ayant des thématiques évoluant un peu vers des questionnements moins académiques, restent centrés sur la période médiévale (les nombreux travaux de René Locatelli entre 1958 et 1999 ; Offredi, 1979 ;

Marty, 1999 ; Carry-Renaud, 2011, Gresser, 1989, 1992, 2002, 2015). La période moderne, reste quant à elle, mal connue mais dispose de certaines études et d'un potentiel archivistique à ne pas négliger (Vion-Delphin, 1991 ; Jeannin, 1997 ; Delsalle, 2000 ; Delsalle et Delobette dir, 2002). Enfin, comment ne pas évoquer l'attachement presque amoureux de la part des érudits locaux à ces terres particulières, conférant ainsi à la recherche une mine d'informations historiques de tout temps (voir par exemple les travaux et publications des *Sociétés d'émulations du Jura et du Doubs* et la revue *Racine*, fourmillant d'études thématiques et monographiques sur notre zone d'étude).

Quant au paléoenvironnement, il semble que, depuis que les grandes lignes de l'histoire de la végétation et les travaux centrés sur la place des sociétés dans cette histoire menés dans certaines zones (Bourgeois, 1990 ; Gauthier, 2004), beaucoup de questions qui avaient été ouvertes sont restées sans réponses faute de nouvelles investigations.

C'est donc dans ce cadre, ne manquant pas d'une force ancestrale enfouie dans les sols et dans les mémoires ainsi que d'une volonté investigatrice, que la décision de participer à un pan de l'histoire de la recherche montagnarde franc-comtoise a été prise.

2.3.2. Approches croisées paléoenvironnement-histoire-archéologie : tentatives et réussites

Le massif jurassien constitue une terre d'étude interdisciplinaire presque obligatoire, comme le disait déjà Pierre Gresser (2002) à propos de l'implantation des sociétés humaines sur les terres d'altitude et d'autres chercheurs actuels ne manquent pas de le souligner : « *Le palynologue, s'il est grégaire et apprécie la compagnie des autres palynologues, ne peut cependant se contenter d'eux. La palynologie intègre de fait, presque toujours, des études pluridisciplinaires* » (Gauthier, 2012).

Les premiers travaux de croisement de données palynologiques et de données issues de la documentation écrite remontent aux années 1980. Dans la région, les sondages palynologiques vont bon train et la discipline est en ébullition. Parmi les investigateurs, Hervé Richard, palynologue, s'associe à Pierre Gresser, historien, afin de tenter une approche de comparaison des deux disciplines sur différents sites jurassiens (Gresser et Richard, 1986). Dans le même ouvrage, les travaux toponymiques d'Alain Daubigney (1983) réalisés sur la région de Saint-Aubin (Plaine du Finage, Jura) et portant sur une reconstruction de l'organisation de l'occupation des sols à différentes périodes à partir de l'étude de toponymes associés aux paysages (bois, défrichements, brûlis...) furent associés

à des données palynologiques voisines non datées afin de trouver des liens entre les phases de défrichements et de reforestation traduits par la toponymie et ainsi pouvoir dater la séquence pollinique (Daubigney et Richard, 1986).

Les travaux menés par Emilie Gauthier et Hervé Richard à partir de la fin des années 1990 dans différentes zones du massif jurassien entrent dans cette approche croisée. En plus de l'analyse pollinique détaillée des quatre derniers millénaires, les auteurs ont choisi de conforter leurs résultats grâce à une étude historiographique des contextes archéologiques et historiques précise (Gauthier, 2001, 2004, 2006 ; Gauthier et Richard, 2007 et 2015).

Enfin, parmi les exemples de travaux pluridisciplinaires locaux, on notera par exemple les études de Gilles et Max André apportant une vision croisée de l'histoire et de l'environnement sur des thématiques telles que l'utilisation de la Grande Tourbière de Pontarlier (André et André, 2004), l'implantation du pin à crochets des tourbières (André et André, 2008) ou l'occupation humaine du massif du Mont d'Or (André et André, 2010).

2.3.3. Le choix du lac de Remoray

Les travaux d'Emilie Gauthier menés dans la Chaux d'Arlier (Gauthier, 2001, 2004), d'Éliane Bourgeois dans le Val de Mouthe (Bourgeois, 1990) et les récentes investigations du lac Saint-Point (Leroux *et al.*, 2008 ; Leroux, 2010 ; Magny *et al.* 2013) font office de référence à l'heure actuelle pour appréhender ces questionnements d'un point de vue paléoenvironnemental dans cette région du Haut-Doubs.

Ainsi, le choix du lac de Remoray s'est fait naturellement, petit lac potentiellement prometteur quant aux variations locales tant au niveau environnemental qu'humain, doté d'une historiographie intéressante d'un point de vue historique mais aussi écologique et biologique. Ces derniers aspects sont d'ailleurs l'objet d'une étude en cours dans le cadre de la thèse de Simon Belle (soutenue en novembre 2015) avec pour objectifs de reconstruire la trajectoire écologique du lac et de tenter d'en identifier les facteurs de contrôle par l'utilisation de la paléolimnologie.

Les travaux menés par les historiens médiévistes sur la zone fournissent de précieux renseignements quant à la compréhension des dynamiques sociales et politiques et la période moderne et d'ancien régime, mal connue, et qui dispose pourtant d'un potentiel archivistique intéressant. Les périodes post-révolutionnaires et donc jusqu'à nos jours,

constituent, de plus, une occasion d'approfondir nos connaissances face à la multiplicité des sources diverses issues de l'archivistique disponibles. La place de l'environnement y est alors plus facilement perceptible et permet une exploration plus aisée du potentiel de corrélation avec les données paléoenvironnementales.

2.4. Dynamiques végétales et construction des terroirs alpins de moyenne montagne au cours du dernier millénaire

2.4.1. Un cadre propice aux études pluridisciplinaires

Les vastes Alpes françaises sont un des territoires phares de la recherche pluridisciplinaire depuis des décennies. La question des relations sociétés-environnement a été traitée à travers de nombreuses études paléoenvironnementales régionales (voire particulièrement l'annexe 2 du volume 3 de la thèse de Court-Picon (2007) où figure une liste des études jusqu'à 2006) et géo-historiques (Baud, 2010). Notre second site d'étude s'inscrit dans un cadre de recherche à la frontière des territoires jurassiens et alpins (fig. 3). La compréhension plus particulière des dynamiques végétales, sédimentaires et humaines sur la longue durée dans la partie de la moyenne montagne alpine nord occidentale a fait l'objet de nombreuses recherches paléoenvironnementales ces dernières années avec comme thématiques particulières telles que la mise en place et l'impact des activités humaines et le rôle du climat, sur des durées plurimillénaires à séculaires (Clerc, 1985 et 1988 ; Coûteaux, 1983b ; Brochier *et al.*, 2007 ; Gauthier *et al.*, 2008 ; Magny *et al.*, 2010, Millet *et al.*, 2010 ; Arnaud *et al.*, 2005 et 2012 ; Doyen *et al.*, 2013 ; Simmonneau *et al.*, 2013 ; Wilhelm *et al.*, 2013).

2.4.2. L'éboulement du Mont Granier en 1248 : un évènement extrême à l'origine d'une structuration complexe des paysages et des sociétés

La zone du Mont Granier, située à la confluence des derniers reliefs jurassiens et des prémices alpins, tristement célèbre par son tragique passé, fait partie de ces territoires particuliers où des potentiels scientifiques restent à explorer. L'éboulement du Mont Granier lors de la nuit du 24 au 25 novembre 1248 a bouleversé complètement la morphologie du versant des Abymes de Myans, dominant la cluse de Chambéry. Un panneau rocheux de près de 900 m de hauteur s'est écroulé de la falaise, générant l'un des glissements les plus importants survenu dans les Alpes durant le dernier millénaire. Soumises à des conditions de pluies diluviennes, les marnes sous-jacentes se sont liquéfiées, formant alors une coulée de boue et de roches s'étalant le long de la pente naturelle sur environ 30 km², engloutissant cinq villages et tuant près d'un millier de

personnes. Cet éboulement de 1248 a donc remodelé entièrement la morphologie du versant initial, générant des morphologies chaotiques en bosses et en creux, des replats et ressauts topographiques.

Ce cadre de recherche original a donc attiré les intérêts de disciplines variées depuis de nombreuses années, ce qui a eu pour conséquences de fournir un riche corpus documentaire. Les géologues, historiens, géographes, au même titre que les curieux et les passionnés ont participé à faire vivre ce terroir à la fois terrifiant, énigmatique et fier de son histoire (Académie de Savoie, 1999, Barbero, 2001 ; Garlatti, 2007). La thématique environnementale et par conséquent, des liens que les sociétés ont entretenu avec ce paysage singulier, gagne à être étudiée par une vision interdisciplinaire qui a débuté ces dernières années. Ainsi, un investissement des disciplines géoarchéologiques et paléoenvironnementales a été mis en place (Biasini, 2011 ; Amiot, 2014 ; Sabatier *et al.*, 2014 ; Bichet *et al.*, en préparation ; Quiquerez *et al.*, en préparation). Jusqu'à aujourd'hui, aucune investigation palynologique n'a été menée dans la zone de la catastrophe et nous proposons donc une étude basée sur l'analyse de sédiments lacustres issus de dépressions formées post-éboulement.

L'étude particulière de la séquence du lac Saint-André, situé en plein centre de la zone de l'éboulement est une occasion inédite de couvrir une période « courte » et en plus, de disposer d'un remplissage exclusivement centré sur le dernier millénaire avec un « reset » de la végétation suite à une catastrophe naturelle et un ré-établissement environnemental et humain sur la zone. Le lac Noir et le lac des Pères, également situés dans la zone de l'éboulement et ayant fait l'objet d'analyses exploratoires, constitueront une perspective d'étude future. Au vu du corpus documentaire historique déjà présent, l'évolution de l'occupation du sol, des pratiques agro-pastorales et l'impact des enjeux socio-économiques, politiques et climatiques qui ont traversé ces siècles permettra une approche complète nécessaire à la compréhension de la construction de ce terroir.

PARTIE 2

Matériel et méthodes

1. Sources paléoenvironnementales

Cette partie présente les différentes méthodes paléoenvironnementales utilisées sur les séquences étudiées, elles peuvent varier en fonction des sites étudiés. Un tableau (1.6.) présente le récapitulatif des analyses menées sur les différents lacs.

1.1. Forages

La détermination de l'emplacement des forages a été réalisée par observation de la bathymétrie des différents lacs et choisie en fonction de la zone la plus profonde (voir détails dans les parties résultats des sites étudiés). Les séquences analysées ont été prélevées grâce à deux techniques.

La séquence du lac de Remoray a été prélevée en 2007 lors de la campagne de forages réalisée à l'occasion de la thèse d'Aurélie Leroux (2010). Un carottage « long » à



partir d'une plateforme flottante *Uwitec* (fig.4.a.) a été mis en place, permettant d'extraire 15 m de séquences en carottes de 3 m. Le carottier est équipé de tubes PVC de 63 mm de diamètre. Les carottes ont été doublées avec un décalage de 150 cm afin d'éviter les pertes d'informations lors du sectionnement des tronçons (1m) permettant alors une continuité sédimentaire. Une seconde série de carottages courts a eu lieu en 2013 dans le cadre de la thèse de Simon Belle (Belle *et al.*, 2015 et soumis) afin de compléter le matériel disponible pour l'étude d'autres proxys. Pour le lac Saint-André (Mont Granier), un carottage court, réalisé grâce à un carottier gravitaire sur embarcation légère (fig.4.b.), a été employé (tube de Ø 90 mm).

Figure 4 – Méthodes de forages

(a) Plateforme flottante (Lac de Remoray, cliché V.Bichet)

(b) Carottier gravitaire (Lac Noir, Mont Granier, cliché É.Gauthier)

1.2. Choix des séquences et stratégies d'échantillonnage

Les carottes ayant été stockées en chambre froide et ouvertes grâce à un banc de découpe (Laboratoire Chrono-environnement, Besançon), chaque demi-section est observée et décrite. À cette occasion, des prélèvements de matière organique peuvent être réalisés afin d'obtenir des datations radiocarbone (voir 1.4).

Pour chaque lac, une séquence correspondant à notre objectif temporel (dernier millénaire) a été choisie pour réaliser les analyses paléoenvironnementales. Pour le lac de Remoray, qui a fait l'objet d'un carottage long, la comparaison réalisée avec les séquences datées du lac Saint-Point (Leroux, 2010) a permis de déterminer un choix se basant sur les deux premiers mètres de la séquence (REM 2A1 et REM 2A2). Concernant le lac Saint-André, le choix s'est fait lors du carottage (fond de la sédimentation du lac potentiellement atteint) et par observation des sédiments. Les datations réalisées *a posteriori* ont confirmé la pertinence de ces choix.

L'objectif de la thèse étant de comprendre des variations parfois concentrées sur quelques années, un échantillonnage précis et en continu a été effectué. Une demi-section de carotte est alors découpée en tranches de 0,5 ou 1 cm selon la précision voulue et les variations du sédiment. Sur cette tranche, trois parties sont distinguées. Au centre, un échantillon prélevé grâce à une pipette (1ml) est réservé aux analyses palynologiques. Cette méthode permet d'une part d'avoir un prélèvement exempt de toute pollution pollinique extérieure et d'autre part, un échantillonnage volumétrique constant pour les calculs de concentrations (voir 1.5.) Le reste de la tranche est divisé en deux parties dont l'une, séchée à l'étuve ($\pm 45^{\circ}$ pendant 24h) ou lyophilisée (lyophilisateur *CosmoK 20*, Laboratoire Chrono-environnement) puis broyée et servira aux différentes analyses sédimentologiques. L'autre tranche est conservée en « archive ».

1.3. Analyses sédimentaires et géochimiques

Plusieurs méthodes de caractérisation des sédiments ont été mises en place afin de comprendre les dynamiques sédimentaires des séquences analysées. Elles permettent en premier lieu la prise de décision quant à la stratégie d'échantillonnage et de prélèvements, aux types de traitements chimiques à employer (extraction palynologique) ainsi qu'à la mise en parallèle avec les autres séquences disponibles (corrélations).

De plus, ces analyses, utilisées seules ou corrélées peuvent apporter plusieurs types d'informations qui peuvent aider à la compréhension des dynamiques végétales, climatiques et anthropiques.

Imagerie à haute-résolution

Différentes méthodes d'imagerie à haute-résolution des carottes sont disponibles et offrent toutes des résultats destinés à caractériser les faciès et processus sédimentaires et corréler les séquences. Dans cette étude, plusieurs méthodes ont été appliquées, en fonction des objectifs souhaités et des possibilités techniques.

Toutes les carottes ont fait l'objet d'un scan sur un banc doté d'une caméra RVB à haute-résolution (Laboratoire Chrono-Environnement). Cette étape constitue une base de travail et une archive précieuse pour l'étude des séquences. De plus, les images peuvent être retravaillées en niveaux de gris afin de mettre en évidence les micro-variations (laminas par exemple).

Les séquences du lac de Remoray ont fait l'objet de radiographies X *Scopix* (Migeon *et al.*, 1999) réalisées en 2007 dans le cadre de la thèse de Aurélie Leroux (2010). Cette imagerie permet une mise en évidence plus nette des variations sédimentaires et notamment les laminas grâce à une analyse des niveaux de gris en fonction de la densité des sédiments.

Susceptibilité magnétique et densité gamma.

Toutes les séquences ont été analysées en continu sur le banc de mesures géophysiques *Multisensor Core Logger* (MSCL) Geotek (Laboratoire Chrono-environnement) avec une résolution de 1 mm pour la susceptibilité magnétique et de 1 ou 2 mm pour la densité.

La susceptibilité magnétique est la capacité d'un corps à acquérir une aimantation et donc dépend de la minéralogie et de la composition en éléments magnétisables du sédiment (Thompson et Oldfield, 1986). Au-delà de son utilité pour la description et la corrélation des séquences sédimentaires, la susceptibilité magnétique a été utilisée dans certaines études pour mettre en évidence des phénomènes d'érosion (voir entre autres De Jong *et al.*, 1998 ; Vannière *et al.*, 2000 ; Gauthier, 2001 ; Arnaud, 2003 ; Jouffroy-Bapicot, 2010).

La densité gamma (en g/cm³) permet de mettre en évidence la compaction de la séquence et peut être utilisée pour les calculs de flux sédimentaires (Leroux, 2010). Elle est

mesurée indirectement par atténuation de rayons gamma dans le sédiment (source de ^{137}Cs) et calibrée par rapport à un standard connu.

Analyse de la matière organique

Deux types d'analyses ont été utilisés pour caractériser la matière organique :

Analyse élémentaire du carbone et de l'azote (C/N) : cette méthode permet d'obtenir le taux carbone total et d'azote total et lorsque la quantité de carbone inorganique ou organique est connue, elle informe sur l'origine de la matière organique. Une forte teneur en azote (N) indiquera par exemple une matière organique lacustre et à l'inverse, une origine terrestre (Meyers, 1994 ; Enters *et al.*, 2006). Les analyses ont été réalisées au laboratoire Chrono-Environnement (Besançon) sur une machine « *vario MAX CNS analyzer (Elementar)* ». Les échantillons ont été préalablement traités afin de détruire les carbonates (100 μL d'HCl à 3,7%).

Perte au feu : La perte au feu donne une estimation du taux de matière organique, de silicates et de carbonates. Seul le lac Saint-André a bénéficié de l'analyse afin de compléter les informations issues du rapport C/N. La méthode standard, consistant à brûler dans des échantillons de poids similaires, la matière organique (550°C pendant 4h) puis les carbonates (950°C pendant 2h) a été utilisée. L'opération a été menée au laboratoire Chrono-environnement.

Microfluorescence –X (XRF)

La microfluorescence-X est une analyse semi-quantitative permettant d'estimer la concentration de divers éléments chimiques présents dans les sédiments. Dans le cas des lacs, ces analyses tracent les variations d'abondance de ces éléments le long de la séquence sédimentaire ; ces éléments peuvent être originaires du bassin-versant ou du système lacustre (Croudace *et al.*, 2006).

Récemment, Croudace et Rothwell (2015) ont publié un état des lieux de l'utilisation de la méthode XRF dans les analyses sédimentaires environnementales et les reconstructions paléoenvironnementales. Climat, pression anthropique, caractérisation du sédiment, corrélation de séquences sont autant de paramètres que ce recueil met en évidence. L'analyse XRF est une analyse non-destructive et à haute-résolution des séquences sédimentaires mais reste une analyse qualitative à interpréter avec mesure. Les

applications sur les séquences lacustres peuvent signer de nombreux événements (enregistrements des crues historiques, éboulements, turbidité...); participer au développement des chronologies (détection des tephres, comptage des varves). Les analyses sont aussi utiles à la détermination des changements anthropiques (agriculture, déforestation, pollutions métalliques et autres perturbations du bassin versant).

Les mesures ont été effectuées sur le *core scanner* XRF du laboratoire Edytem (Université Savoie) avec une résolution allant de 1mm à 1cm. Les paramètres de comptages sont de 15 secondes pour le voltage 10Kv (Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Rh) et 30 secondes pour le voltage 30Kv (Cu, Zn, Ga, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Pb, Bi). Dans les contextes lacustres, l'effet de dilution des éléments offre une estimation relative des variables géochimiques et doit être normalisé. Plusieurs méthodes sont disponibles dont la calibration sur échantillons discrets. Dans notre étude, cette calibration n'ayant pas été réalisée, la normalisation (effectuée avec différents éléments, par exemple Ti/Ca) a été réalisée en fonction du type de système sédimentaire et des études précédemment publiées sur nos zones d'étude (Sabatier *et al.*, 2014).

1.4. Datation

^{210}Pb

Les mesures de l'activité du ^{210}Pb (Plomb) sont communément utilisées pour dater les sédiments récents (100 à 150 dernières années) par le principe de la loi de désintégration. Le ^{210}Pb est un isotope radioactif naturel issu de la chaîne de désintégration du ^{222}Rn (Radon) diffusé dans l'atmosphère par la croûte terrestre et du ^{226}Ra (Radium) présent dans les sédiments. Ces deux isotopes sont eux-mêmes issus du ^{238}U (Uranium) des roches. La désintégration du ^{222}Rn en ^{210}Pb est de l'ordre de quelques jours et son temps de résidence dans l'atmosphère est court. Ainsi, grâce en partie aux précipitations, le ^{210}Pb va rapidement se retrouver dans les sédiments. Ce ^{210}Pb atmosphérique (appelé « non supporté » ou « en excès ») se fixe et décroît avec une période de 22,3 ans. Cette décroissance radioactive est alors utilisée pour dater les sédiments.

Afin d'établir la chronologie associée à la décroissance du ^{210}Pb , différents modèles ont été développés et sont utilisés en fonction du profil du ^{210}Pb et du contexte hydrologique (voir à ce propos Goldberg, 1963 ; Pennington *et al.*, 1976 ; Appleby & Oldfield, 1978 ; Robbins *et al.*, 1978 ; Arnaud, 2003). Le choix du modèle dépend du

profil du ^{210}Pb . Par exemple, une décroissance exponentielle du radioélément signifie un taux de sédimentation constant au cours du temps et donc un flux constant de ^{210}Pb . Dans ce cas de figure, le modèle CF:CS est utilisé (Appleby et Oldfield, 1978). Dans d'autres cas où les profils présentent des concentrations plus fortes en profondeur, des modèles prenant en compte d'autres facteurs tels que les variations dans l'apport atmosphérique ou du système hydrologique du bassin-versant pourront être utilisés.

Dans notre étude, le modèle CRS (*constant rate of supply*; Appleby & Oldfield, 1978) a été choisi. Il prend en compte les variations du taux de sédimentation et de la compaction mais considère un flux constant de $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ (non-supporté) à l'interface eau-sédiment. Ce flux peut toutefois varier en fonction des événements telles que les crues et nécessite une certaine attention.

Ce modèle a été appliqué sur les mesures de l'activité du ^{210}Pb réalisées par spectrométrie alpha au laboratoire *Mycore Scientific Inc.* (Canada) pour le lac de Remoray. Le lac Saint-André n'est pas concerné directement par cette analyse mais a fait l'objet d'une corrélation avec une autre séquence.

^{137}Cs et ^{241}Am

Les radioéléments ^{137}Cs (Césium) et ^{241}Am (Américium) sont disséminés dans l'atmosphère par les activités nucléaires humaines et de fortes concentrations dans les sédiments peuvent marquer des périodes d'intense diffusion. Les essais nucléaires atmosphériques qui se sont déroulés entre les années 1954 et 1963 ainsi que l'accident de Tchernobyl (1986) constituent deux épisodes décelables dans les séquences analysées.

Les mesures de ces deux radioéléments ont été réalisées sur les carottes du lac de Remoray et du lac Saint-André au Laboratoire Chrono-environnement sur une chaîne de mesure gamma à détecteurs co-axial (Ge HP) par spectrométrie alpha. Les caractéristiques de l'environnement des mesures (non-souterraines) ont parfois produit des résultats incertains (bruit de fond et faibles concentrations) mais qui, corrélés aux autres marqueurs chronologiques ont pu être utilisés pour l'édification des modèles âges/profondeur.

Datation radiocarbone

Le radiocarbone (^{14}C ; carbone 14), isotope instable du carbone, est produit par l'action des protons cosmiques sur les noyaux des atomes dans la haute atmosphère et assimilé par les organismes de leur vivant. Le principe de la datation radiocarbone repose sur la loi de désintégration radioactive, permettant de calculer la quantité de ^{14}C résiduel

après la mort de l'organisme (Taylor, 1997). Sur chaque séquence, du matériel organique majoritairement terrestre (feuilles, bois...) a été prélevé pour une datation AMS (*spectromètre de masse par accélérateur*) en raison des quantités peu importantes récupérées. Trois laboratoires ont été sollicités :

- Beta Analytic Radiocarbon Dating, U.S.A. (Code laboratoire: Beta)
- Poznan Radiocarbon Laboratory, Pologne (Code laboratoire : Poz)
- Centre de datation par le Radiocarbone, Artémis, France (Code laboratoire : Lyon)

Les âges conventionnels (BP : *Before Present*) ont été calibrés (*cal.* BC/AD : *Before Christ/Anno Domini*) grâce au programme Calib V.7 (Stuiver *et al.*, 1986-2015) qui couple la courbe de calibration (ici, *InterCal13*, Reimer *et al.*, 2013) et la courbe gaussienne d'âge radiocarbone probable mesuré pour l'hémisphère nord. Le matériel prélevé dans les niveaux supérieurs susceptibles de contenir un taux important de carbone issu des accidents nucléaires du XXème siècle a été calibré grâce à l'application *CaliBomb* de ce même programme (Reimer *et al.*, 2004).

Modèles âges / profondeur

Une reconstruction paléoenvironnementale basée sur des séquences sédimentaires réclame un cadre chronologique fiable. Dans la plupart des cas, il n'est pas possible de dater chaque couche de sédiment (exception faite des séquences laminées). Grâce aux différentes datations et calibrations effectuées, il devient possible d'établir une chronologie modélisée des séquences sédimentaires en interpolant les âges obtenus et leurs marges d'erreur sur toute la séquence.

La construction du modèle âge-profondeur est évidemment soumise à des facteurs d'erreurs (causés par une sédimentation irrégulière) nécessitant une observation précise. Bien que la méthode soit discutée, elle reste pour le moment l'outil indispensable aux reconstructions paléoenvironnementales. (Bennett, 1994 ; Birks & Heegaard, 2003 ; Blaauw, 2010 ; voir la récente thèse de Rémi David (2014) fournissant une étude critique et des perspectives de recherches sur cette question).

Dans cette étude, les modèles âge-profondeur ont été construits grâce à l'extension *Clam* (Blaauw, 2010) du logiciel R (v.2.15.1, R Core Team, 2012) avec une interpolation linéaire des datations ^{210}Pb et ^{14}C .

1.5. Analyse des grains de pollen, spores et microfossiles non-polliniques

1.5.1. Extraction des palynomorphes et préparation des échantillons

Les grains de pollen, les spores et les microfossiles non-polliniques sont extraits chimiquement selon les méthodes traditionnelles (Faegri & Iversen., 1989) et suivant le protocole établi par le laboratoire Chrono-Environnement. Pollens, spores et microfossiles non-polliniques sont extraits du même échantillon et par conséquent selon le même procédé.

Les échantillons étant souvent carbonatés, le protocole suivant a été mis en place : Des marqueurs exogènes (*Lycopodium clavatum* ; Stockmarr, 1971 ; Maher, 1981) sont ajoutés à l'échantillon lors de la première étape de décarbonatation (HCL 36% pendant \pm 1 heure). La matière organique est ensuite éliminée (NaOH 10% à 95° pendant 1h) puis la matière siliceuse est détruite par HF 40% (à froid pendant \pm 24h) et HCL 36% (80° pendant 30 minutes). Un tamisage à 200 μ m est ensuite pratiqué. Pour terminer, une acétolyse ($C_2H_4O_2$ puis $C_4H_6O_3 + H_2SO_4$ à 80° pendant 8 minutes) est effectuée afin de détruire les restes éventuels de cellulose. Durant toutes les étapes, une centrifugation à 3000 tours/minutes est employée. Les culots ainsi obtenus sont dilués dans du glycérol et transférés dans un tube *ependorf*.

1.5.2. Comptage et détermination

Afin de procéder au comptage, 20 μ l de culot obtenu après la préparation sporo-pollinique sont déposés entre lame et lamelle, lutés immédiatement à l'aide d'un vernis. Les lames sont montées progressivement en fonction de l'avancée de l'analyse.

Le comptage des grains de pollen, des spores et microfossiles non-polliniques est réalisé simultanément sur un microscope *Leitz Laborlux S* doté de deux objectifs (x250, x400). Le comptage est réalisé à l'aide du grossissement x400 et un balayé systématique de la lame est réalisé à x250 afin de repérer les taxons rares. Un microscope *Leica DM 2000 LED* doté d'une caméra *ICC 50 HD*, d'un contraste de phase et d'un objectif x630 a été utilisé pour des déterminations complexes et pour les prises de vues.

Dans la majorité des cas, un minimum de 300-500 grains de pollens de plantes terrestres est comptabilisé sur chaque lame. Ces totaux peuvent varier et augmenter en fonction de la présence exagérée de certains taxons (par exemple, *Cannabis sativa*-type

peut atteindre des taux très importants lors des phases de rouissage par exemple) ou de la mauvaise conservation du matériel sporo-pollinique.

Les grains de pollen et les spores sont déterminés grâce à plusieurs ouvrages (Faegri *et al.*, 1989 ; Reille, 1999 ; Beug, 2004), à la collection de référence du laboratoire Chrono-Environnement et à la mémoire avisée des palynologues présents. En palynologie, l'utilisation de « *types polliniques* » est inévitable du fait du niveau relativement variable de la détermination pollinique. Certaines espèces sont déterminables (par exemple, *Frangula alnus*) mais bien souvent, la distinction est complexe et reste au rang du genre (par exemple, *Allium*) voire de la famille (par exemple, les Saxifragaceae). Les manuels de détermination pollinique offrent une classification basée sur des critères morphologiques et groupent certains grains de pollens fortement similaires. Le suffixe « type » sera alors utilisé (par exemple, *Sambucus nigra*-type comprenant les espèces *Sambucus nigra* et *Sambucus racemosa*). Dans cette étude, la taxonomie pollinique de Beug (2004) a été largement utilisée mais certains taxons peuvent s'affranchir de cette classification et sont alors nommés en fonction d'autres caractères induits par les types de séquence analysées, les époques et l'écologie régionale (Jouffroy-Bapicot, 2010).

Les microfossiles non-polliniques (M.N.P.) sont comptés en même temps que les grains de pollen et spores et les marqueurs exogènes. Ceci permet un calcul simple des fréquences relatives (pourcentages) des microfossiles non-polliniques exprimé sur le total des grains de pollens terrestres (T.P.T.). Cugny (2011) explique que l'abondance des microfossiles non-polliniques peut varier fortement selon les échantillons (libération de spores fongiques, blooms d'algues) et préconise le recours aux diagrammes en concentrations absolues ou en flux plus aptes à refléter l'abondance des différents taxons (Mulder *et al.*, 2003 ; Yeloff *et al.*, 2007).

De récentes études réalisées sur l'optimisation du comptage des microfossiles non-polliniques (principalement les spores fongiques) montrent aussi que pour leur bonne représentation dans les spectres, un comptage de 300 marqueurs exogènes est satisfaisant (Etienne et Jouffroy-Bapicot, 2014). Toutes ces préconisations ont été prises en compte dans notre étude. Les sommes comptées varient en moyenne entre 50 et 250 microfossiles non-polliniques par échantillon. Dans certains cas, entre 1000 à 2000 microfossiles sont dénombrés (principalement des *blooms* d'algues).

La détermination des différents microfossiles non-polliniques est basée sur de nombreux ouvrages et articles spécialisés (van Geel, 1978, 1986, 2001 ; van Geel *et al.*,

1983, 2003, 2011 ; van Geel & Aaproot, 2006 ; Pals *et al.*, 1980 ; Cugny *et al.*, 2010 ; Cugny, 2011 ; Jouffroy-Bapicot, 2010, ; Gauthier, 2012 ; Diètre *et al.*, 2012 ; Laine, 2012). Jusqu'à il y a peu, il n'existait pas de terminologie ou de nomenclature précise pour les M.N.P. du fait déjà de leur diversité (champignons, algues, restes zoologiques...) ne favorisant pas l'emploi d'une classification et d'autre part à cause de l'utilisation un peu décousue de ce type de microfossiles dans les analyses paléoenvironnementales (voir Miola, 2012). Ainsi, les M.N.P. ont été traditionnellement identifiés en tant que « Types » et nommés grâce à un code alphanumérique associant d'une part l'auteur, l'institution, ou le site de découverte et d'autre part un numéro ou un chiffre (voir par exemple : van Geel, 1978 ; Cugny, 2011). Les travaux de Carole Cugny (Cugny, 2011) ont contribué à organiser la nomenclature et la terminologie et a été adaptée dans notre travail.

Dans notre étude, les principaux codes utilisés sont :

- **HDV** : Hugo de Vries Laboratory, University of Amsterdam, The Netherlands (voir par exemple : van Geel, 1978 et 2001 et van Geel *et al.*, 2011)
- **TM** : Université Toulouse-le-Mirail, Toulouse, France (Cugny *et al.*, 2010 ; Cugny 2011)
- **IBB** : Institut Botànic de Barcelona, Espagne (Montoya *et al.*, 2010)
- **LCE** : Laboratoire Chrono-environnement, Besançon, France (Diètre *et al.*, 2011 ; Gauthier, 2012)

1.5.3. Expression et organisation des résultats

Calcul des pourcentages, concentrations et flux

Le recours aux fréquences relatives (pourcentages) est une façon simple d'exprimer les variations des différents spectres sporo-polliniques. Le pourcentage de chaque taxon est calculé sur la base d'une somme, ici le TPT (total des pollens terrestres) qui comprend les grains de pollens d'arbres, d'arbustes et des plantes herbacées. Les spores, les pollens de Cyperaceae, de plantes hygrophiles et aquatiques, les grains de pollen indéterminés et les M.N.P. sont exclus de la somme. De plus, dans la séquence du lac Saint-André (site du Granier), les grains de pollen de Cannabaceae ont aussi été retirés du TPT car ils atteignaient des valeurs excessives.

Toutefois, dans l'utilisation des fréquences relatives, la représentation d'un taxon dépend des valeurs des autres et peut provoquer des effets de sous-représentation ou sur-

représentation. Ainsi, un complément analytique consiste à calculer des fréquences quantitatives via l'utilisation des concentrations et taux d'accumulation (flux) des taxons.

La concentration absolue est le nombre de grains de pollen, spores ou MNP dans un volume de sédiment (nb/cm³). Dans notre étude, la méthode développée par Stockmarr (1971) a été utilisée. Il s'agit d'apporter un marqueur exogène à la préparation, absent donc de la pluie pollinique régionale (ici, *Lycopodium clavatum*) afin d'avoir les valeurs absolues des concentrations de chaque taxon. Le calcul s'effectue ainsi pour chaque taxon : $C = ((PC / LC) \times LA) / V$ (où PSC = nombre de palynomorphe comptés ; LC = nombre de lycopodes comptés ; LA = nombre de lycopodes ajoutées ; V = volume de l'échantillon).

Le flux, ou taux d'accumulation, est le nombre de palynomorphe présent dans un volume de sédiment dans une période donnée. Il est calculé à partir du taux de sédimentation établi à partir du modèle âge-profondeur : $F = C \times TA$ (où C = concentration en nb/cm³ ; TA = taux d'accumulation en cm/an).

Les diagrammes

Les diagrammes en fréquences relatives (%) ou absolues (concentrations et flux) ont été réalisés avec le logiciel Tilia (v.1.7.16, Grimm, 1991-2011). Les diagrammes complets sont présentés en annexe. Dans chaque étude, des diagrammes synthétiques sont présentés en regard des commentaires réalisés sur les périodes discutées. Ceux-ci sont inspirés des diagrammes « synthétiques de l'influence humaine » (Berglund & Ralska-Jasiewiczowa, 1986 ; Galop, 1998 ; Gauthier, 2004), largement utilisés par la communauté actuellement, présentant les courbes essentielles à l'étude des interactions sociétés-environnement. Il a été préféré au diagrammes sociétés/végétation de type « miroir » (Barbier, 1999 ; Barbier *et al.*, 2001 et 2002), bien que selon les auteurs, plus adaptés aux périodes historiques où les systèmes agropastoraux se complexifient. Dans nos cas d'étude, ce mode de représentation n'a pas été employé pour des raisons visuelles, jugés ici non adaptés à la haute résolution.

Afin de faciliter la description des diagrammes, une analyse statistique par regroupement hiérarchique a été réalisée à l'aide de l'application CONISS (*Constrained incremental sum-of-squares cluster analysis* ; Grimm, 1987). Le dendrogramme ainsi produit permet une zonation stratigraphique des changements majeurs des assemblages polliniques. Les taxons inclus dans l'analyse statistique sont ceux utilisés pour la somme des grains de pollen des plantes terrestres TPT (arbres, arbustes et herbacées sauf Cyperaceae, hygrophiles et aquatiques).

L'organisation des grains de pollen, spores et microfossiles non-polliniques dans les diagrammes a été réalisée selon des groupements traditionnels (tab.1 et tab.2) avec une prise en compte des caractères spécifiques régionaux et affinités écologiques de certains taxons et particulièrement pour les MNP. Ceux-ci, parfois bien définis (spores coprophiles par exemple) gardent un caractère exploratoire dans de nombreux cas (affinités écologiques définies dans d'autres contextes géographiques, en fonction de la littérature disponible) mais le choix de ne pas restreindre nos analyses aux MNP bien connus dans nos zones d'études pourrait permettre de créer des analogies ou oppositions.

Nom du groupe	Composition
Arbres et arbustes	Comprend tous les taxons d'arbres et arbustes (dont <i>Vitis</i> , voir précisions après le tableau)
Céréales et plantes textiles	<i>Cerealia</i> -type ; <i>Secale cereale</i> ; <i>Fagopyrum esculentum</i> ; <i>Zea mays</i> ; <i>Linum usitatissimum</i> -type ; <i>Cannabis sativa</i> -type (voir précisions après le tableau)
Autres plantes herbacées liées à la présence humaine	<i>Plantago lanceolata</i> -type ; <i>Rumex acetosa</i> -type ; <i>Artemisia</i> ; <i>Plantago major-media</i> -type ; <i>Urticaceae</i> ; <i>Chenopodiaceae</i> ; <i>Papaver rhoeas</i> -type ; <i>Onobrychis</i> ; <i>Trifolium repens</i> -type ; <i>Trifolium pratense</i> -type ; <i>Mentha</i> -type ; <i>Centaurea cyanus</i> ; <i>Polygonum aviculare</i> ; <i>Verbascum</i> ; <i>Scleranthus</i> ; <i>Persicaria maculosa</i> -type ; <i>Echium</i> ; <i>Convolvulus arvensis</i> -type (voir précisions après le tableau)
Autres herbacées	Comprend toutes les autres plantes herbacées
Hygrophiles et aquatiques	En plus des Cyperaceae, comprend les plantes aquatiques ou hygrophiles.
Spores	Spores de cryptogames de la division des Bryophytes (comme les mousses) et des Ptéridophytes (comme les fougères)
Pollens indéterminés	Tous les grains de pollen n'ayant pas pu être déterminés, le plus souvent en raison de leur conservation médiocre.

Tableau 1 - Classement des taxons sporo-polliniques

Nom du groupe	Composition
Coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles	<i>Sordaria</i> (HdV-55A) ; <i>Podospora</i> (HdV-368) ; <i>Sporormiella</i> (HdV-113) ; <i>Delitschia</i> (cf. TM-006, -023A-B) ; <i>Cercophora</i> (HdV-112) ; <i>Coniochaeta</i> cf. <i>.ligniaria</i> (HdV-172) ; <i>Apiosordaria verruculosa</i> (HdV-169) ; <i>Gelasinospora</i> (HdV-1/2) ; <i>Arnium</i> (HdV-261/262) ; <i>Chaetomium</i> (HdV-7A) ; <i>Rythidospora</i> cf. <i>tetraspora</i> (HdV-171) ; HdV-729 ; <i>Neurospora crassa</i> (HdV-55C)
Coniochaetae / Xylariaceae indiff.	Groupe incluant plusieurs types de Coniochaetae/Xylariaceae n'ayant pas pu être déterminées ayant des affinités coprophiles, parasites ou saprophytes variées.
Saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers	<i>Kretzschmaria deusta</i> (HdV-44) ; <i>Trichocladium</i> sp. (HdV-572) ; <i>Endophragmiella</i> sp. (TM-227) ; <i>Triposporium elegans</i> (TM-M1) ; <i>Asterosporium asterospermum</i> (TM-M2) ; cf. <i>Trichocladium englandense</i> (TM-371B) ; <i>Cirrenalia</i> (TM-4004) ; cf. <i>Endophragmia/Phragmocephala</i> (TM-036) ; cf. <i>Brachysporium / Brachydesmiella</i> (TM-4110) ; TM-4098 A-B ; <i>Brachysporium obovatum</i> (HdV-359) ; TM-037 C ; TM-4107 ; TM-4014 ; cf. <i>Trichocladium achrasporum</i> (HdV-707) ; cf. HdV-493 ; cf. <i>Bactrodesmium</i> sp. (HdV-502) ; cf. <i>Bispora antennata</i> (HdV-427) ; cf. <i>Trichocladium opacum</i> (HdV-465) ; TM-4124 ; <i>Splanchnonema foedans</i> (TM-019)
Érosion	<i>Glomus</i> (HdV-207)
Autres M.N.P.	Ce groupe comprend les M.N.P. identifiés mais n'ayant pas pu être classés dans un groupe à affinité particulière (incertitudes ou méconnaissance)
Algues	<i>Zygnematales</i> indif. ; <i>Mougeotia</i> sp. ; <i>Spirogyra</i> sp. <i>Botryococcus</i> sp. ; <i>Pediastrum</i> cf. <i>boryanum</i> ; <i>Pediastrum</i> cf. <i>boryanum</i> var. <i>longicorne</i> ; <i>Pediastrum</i> cf. <i>orientale</i> ; <i>Pediastrum</i> cf. <i>angulosum</i> ; <i>Pediastrum simplex</i> ; LCE-07
Restes zoologiques	cf. <i>Gyratrix hermaphroditus</i> ; cf. <i>Micodalyellia armigera</i> <i>Filinia</i> sp. ; <i>Callidina angusticollis</i> (HdV-37) ; Rotifères indiff. ; cf. <i>Polyarthra dolichoptera</i> ; <i>Arcella</i> sp. (HdV-352) ; LCE-11 ; <i>Cladocera</i> indiff. ; <i>Alona rustica</i> (HdV-72A) ; Chironomideae indiff.
Restes végétaux	Sclérites de Nymphaeaceae (HdV-129) ; <i>Ceratophyllum</i> sp. (HdV-137)
M.N.P. indéterminés	Tout type des restes indéterminés

Tableau 2 - Classement des microfossiles non-polliniques

1.5.4. Précisions sur les indices polliniques d'anthropisation

L'état de la recherche en palynologie concernant les plantes cultivées et liées à la présence humaine sous-entend des précautions quant à la détermination morphologique et à la valeur indicative de certaines plantes. Le recours aux sources historiques a souvent apporté un complément aux choix réalisés et sera discuté dans les parties consacrées aux sites étudiés.

Plantes cultivées

Cerealial-type : (voir pl. 1) regroupe ici les grains de pollen de céréales cultivées (blé, orge, avoine, triticales). Les critères morphologiques de distinction entre grains de pollen de graminées sauvages et cultivées ont été largement discutés par la communauté (par exemple : Andersen, 1979 ; Tweddle *et al.*, 2005 ; Joly *et al.*, 2007 ; Jouffroy-Bapicot, 2010). Dans cette étude concentrée sur le dernier millénaire et dont les grains de pollens ont été bien conservés dans la plupart des cas, les choix ont été faits en fonction d'une taille de diamètre du grain ($\geq 40 \mu\text{m}$) et du pore + annulus ($\geq 10 \mu\text{m}$). Ces critères se placent dans une moyenne assez haute et permettent une éviction relativement sûre de la plupart des espèces sauvages (même si elle n'exclut pas totalement la présence de certaines graminées sauvages). Concernant la distinction entre les différents types de céréales (*Triticum*, *Hordeum*, *Avena*) que Beug (2004) propose, elle n'a pas été menée dans le cadre de ce travail mais sera précisée par l'apport de certaines sources issues de l'archivistique. Seuls les grains de pollens de *Secale cereale* et *Zea mays*, plus aisés à distinguer par leurs caractères morphologiques plus évidents, ont pu être différenciés. Nous verrons que leur présence est sujette à discussion dans certaines de nos zones d'études.

Cannabis sativa -type : (voir pl. 1) de la même façon que les céréales, la distinction morphologique entre les grains de pollens de Cannabinaceae est sujette à discussion (voir entre autre : Court-Picon, 2007 ; Jouffroy-Bapicot, 2011), bien que cette distinction soit apparente pour certains auteurs (les grains de pollens de *Cannabis sativa* ont un diamètre plus important et des pores plus protubérants que *Humulus lupulus* ; Beug, 2004). Dans notre étude, deux courbes sont présentées. Une première *Cannabis sativa* -type correspond aux grains de pollens dont le diamètre est supérieur à $28 \mu\text{m}$ et les pores protubérants. Dans une seconde, comprenant les grains de pollens inférieurs à ce diamètre et ne présentant pas une protubérance claire des pores, les grains ont été regroupés dans *Cannabis/Humulus*-type. Cette séparation n'est en aucun cas vérifiable à 100%, surtout dans les phases où les grains de pollens de Cannabinaceae ne montrent pas des abondances importantes mais elle

permet un premier tri potentiellement informateur. La présence de culture du chanvre peut-être aussi approfondie par les indices de pratique de rouissage, allouant aux échantillons polliniques une surabondance de grains de pollen de Cannabinaceae (voir par exemple Magny et Richard, 1990, Joly *et al.*, 2008 ; Gauthier, 2004 ; Laine, 2012 ; Doyen *et al.*, 2013).

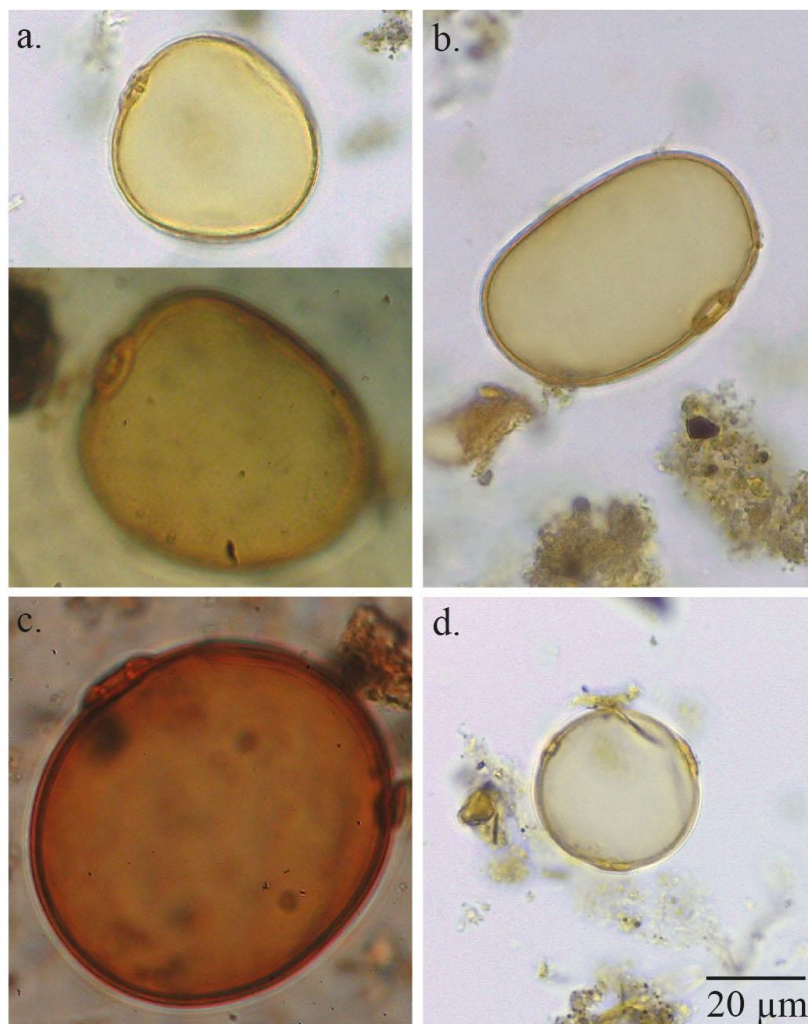


Planche 1- Grains de pollen (a) *Cerealia* -type (b) *Secale cereale* (c) *Zea mays* (d) *Cannabis sativa* -type (clichés : L.Murgia)

Linum usitatissimum-type : comprend plusieurs espèces de lins cultivé mais se différencie du lin sauvage (*L. alpinum*, *L. austracium*, *L. flavum*...). Les taxons du genre *Linum* retrouvés dans les séquences de cette étude sont morphologiquement proches de *Linum usitatissimum*-type et potentiellement indicateur de la présence de cultures de lin. Dans nos séquences, les grains de pollen retrouvés sont anecdotiques (1 ou 2 grains par séquence) du fait de sa sous-représentation pollinique (Birks, 1988) et au même titre que *Fagopyrum esculentum*, rend difficile toute histoire culturelle au-delà de la présence supposée.

Vitis : (voir pl. 2) chez Beug (2004) comprend plusieurs espèces de vigne dont *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* (vigne sauvage, dioïque), *Vitis vinifera* subsp. *vinifera* (vigne cultivée, hermaphrodite, domestiquée à partir de *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* et présente par exemple dans les forêts alluviales). La présence de *Vitis* dans les assemblages polliniques est donc sujette à caution et la question doit être particulièrement bien traitée dans notre étude des séquences du Mont Granier (mise en place et évolution du terroir viticole). Premièrement, la distinction morphologique des grains de pollen entre les différentes espèces est complexe voire impossible (Cabello *et al.*, 1994 ; Gauthier, 2004).

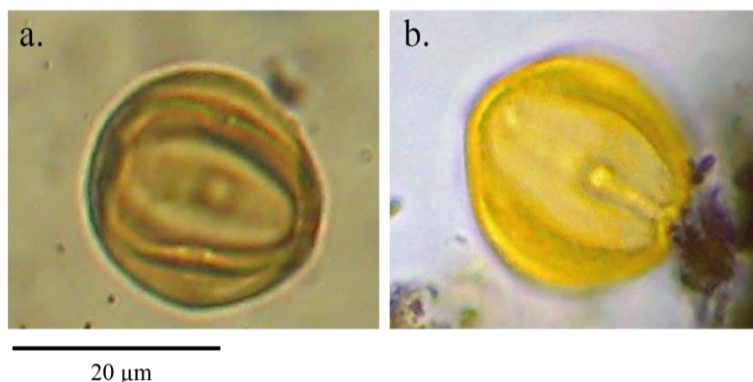


Planche 2 - Grains de pollen de *Vitis* (a) provenant des niveaux supérieurs de la séquence de Remoray (absence certaine de vignobles et présence ancienne potentielle de vigne sauvage) **(b) provenant des niveaux récents la séquence du lac Saint-André** (où la viticulture est importante sur les versants) (clichés : L.Murgia). La validité de cette comparaison est dépendante de la possibilité d'un apport exogène dans le lac de Remoray. Le taxon est présent dans la pluie pollinique actuelle, dans les pâtures densément boisées (Diètre *et al.*, 2012) et dans les séquences fossiles environnantes (Gauthier, 2004 ; Leroux, 2011).

De plus, la vigne « sauvage » ou lambrusque (*Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*) peut avoir plusieurs origines (post-culturelles, sub-spontanée, spontanée coloniale, spontanées autochtone, spontanée métisse : Levadoux, 1956). Les études d'Arnold *et al.* (1998) ou de Lacombe *et al.* (2003) évoquent une régression des lambrusques, au gré de siècles d'altération progressive des milieux naturels, et met en évidence un déclin actuel (quasiment absent de l'est de la France, en ce qui nous concerne). Toutefois, pour les périodes anciennes, il est difficile de juger de la présence et répartition de cette vigne sauvage, caractéristique notamment des milieux humides (ripisylve), haies et manteaux de lisière forestière. L'apport des sources historiques, archéologiques (voir à ce propos les nombreux projets sur *l'archéologie du vin*, mis en lumière sur le site internet de l'INRAP), carpologiques (voir les travaux de Laurent Bouby *et al.*, par exemple Bouby et Marinval, 2001 ; Bouby *et al.*, 2006) ou génétique (Lacombe, 2012 ; Picq, 2012) sont alors inévitables. Pour le palynologue, la question de la pollinisation et de la dispersion de *Vitis*

est aussi problématique. En effet, les études de pluie pollinique actuelle menées dans les vignobles montrent un déclin exponentiel des grains de pollens de *Vitis* en fonction de la distance de la plante (faible pollinisation et donc faible dispersion ; Gauthier, 2000 et 2004, Turner et Brown, 2004). Chez Gauthier et Joly (2003) et Gauthier (2004), le prélèvement de mousses dans un transect traversant une petite vigne montre des pourcentages inférieurs à 0,5% de grains de pollen à un mètre de la vigne (quasi nuls à deux mètres) et oscille entre 2,5% et 7% au cœur du vignoble. Toutefois, les auteurs offrent plusieurs postulats : par exemple, chez Turner et Brown (2004), des fréquences relatives de plus de 2% ou un taux d'accumulation de plus de 200 grains/cm² peuvent être considérés comme marqueur de la présence d'un vignoble autour du site de prélèvement. Enfin, les questions sédimentaires doivent être prises en compte. Le sédiment étudié, lacustre ou de zones humides, est intimement lié aux systèmes érosifs, pouvant alors fausser la provenance des grains de pollen de *Vitis* (Gauthier, 2000).

Concernant les arbres fruitiers, étant donné la détermination bien souvent large des grains de pollens (famille, genre), il semble assez hasardeux d'affirmer la présence de cultures dans la majorité des cas (arbres fruitiers tels que les pommiers, poiriers, pruniers, cerisiers regroupés au rang du type pollinique *Prunus* (Beug, 2004) comprenant aussi bien des espèces sauvages que cultivées). Dans le cas du châtaignier (*Castanea sativa*) et du noyer (*Juglans*), toutes deux espèces introduites et donc cultivées par essence, la question se posant est celle des apports lointains. Ces espèces ont une écologie particulière, autant au niveau de la nature du sol (le châtaignier est calcifuge et donc très rare sur les sols calcaires de nos sites d'étude) que des exigences climatiques (le noyer est sensible aux gelées printanières, limitant alors sa pollinisation et le cantonnant ainsi à basses altitudes moins sensibles à ces gelées). D'autres questions, pour les zones où les cultures sont attestées peuvent être par exemple la durabilité des pratiques et la spontanéité des espèces (par exemple, une châtaigneraie abandonnée continue de vivre et donc de polliniser ; voir par exemple, Miras *et al.* 2013).

D'autres plantes cultivées telles les plantes de prairies, fourragères, potagères ou oléagineuses constituent des témoins importants des pratiques agro-pastorales. L'identification morphologique souvent au rang de la famille ne facilite pas la distinction entre les espèces sauvages et cultivées. De plus certaines plantes telles que les Solanaceae (pommes de terre par exemple) sont peu pollinisatrices. Toutefois, les variations d'abondance et les associations avec d'autres taxons peuvent suggérer une mise en culture. Ainsi, les principaux taxons à observer sont plus particulièrement les graminées (Poaceae) ; les Fabaceae, dont les trèfles (*Trifolium*), les vesces (*Vicia*), les luzernes (*Medicago*), le

sainfoin (*Onobrychis*), les Brassicaceae (choux par exemple) et les Chenopodiaceae (betterave par exemple). Des aspects plus locaux peuvent être soulignés tels que la culture de l'absinthe (*Artemisia absinthium*, Asteraceae) ou du tabac (*Nicotiana tabacum*, Solanaceae).

Tous ces taxons ont donc été classés parmi les *autres plantes herbacées liées à la présence humaine* quand leur identification à l'espèce a pu être menée ou dans les *autres herbacées*, le cas échéant.

Autres plantes herbacées liées à la présence humaine

D'autres indices polliniques sont basés sur les plantes herbacées non cultivées se développent dans des contextes anthropisés ou en réaction à des phénomènes liés à l'anthropisation. Dans ce travail, nous utiliserons l'abréviation HIPA –Herbacées Indicatrices Polliniques d'Anthropisation. Il s'agit par exemple de la flore adventice des milieux cultivés et la flore rudérale (colonisatrices des milieux soumis aux activités humaines comme le piétinement, l'abandon...) ou encore l'exploitation des plantes de zones humides à des fins fourragères (comme par exemple la laîche). Dans notre étude, le choix de ces indicateurs a été influencé d'une part par les études de références de Karl-Ernst Behre (1981, 1986 et 1988). Toutefois, les discussions autour de la validité de ces indicateurs anthropiques ont poussé les palynologues à produire une recherche plus localisée et des référentiels spécifiques (l'étude de Behre, ne prend pas en compte, par exemple, la dispersion et production pollinique et a été réalisée dans un contexte géographique situé au nord des Alpes).

Pour le massif jurassien et alpin, plusieurs travaux ont été menés, aussi bien sur les pluies polliniques passées que la pluie pollinique actuelle (Richard et Gery, 1993, Richard, 1994a, 1994b, 1995a et 1995b, Gauthier, 2004 et 2012 ; Mazier, 2006 ; Court-Picon, 2007 ; Brun, 2007 ; Diètre *et al.*, 2012). Par exemple, le cas du plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*) a particulièrement été discuté. Dans les Alpes et les Pyrénées, les chercheurs ont montré que ce taxon anémophile ne constitue par un indice anthropique valable à cause de sa forte production pollinique et donc de sa sur-représentation dans les milieux ouverts (Court-Picon, 2007 ; Mazier, 2006). Les recherches menées dans le massif jurassien nuancent ce constat, prenant en compte la spécificité des paysages de moyenne montagne. L'étude des périodes anciennes par exemple a montré le lien existant entre le changement de systèmes agraires et les variations de *Plantago lanceolata* et *Plantago major-media* (Richard et Gery, 1993). L'étude de la pluie pollinique actuelle menée autour des lacs

Saint-Point et Remoray par Diètre *et al.* (2012) a montré que *Plantago lanceolata* et *Trifolium repens* étaient très présents dans les échantillons de déjections bovines, conséquences évidemment de la forte pollinisation du taxon mais aussi de la consommation probable de la plante par les bêtes.

De façon générale, « *Les activités agropastorales se perçoivent à travers un faisceau de signaux mettant en évidence des événements qui n'ont rien de naturel* » (Gauthier 2012). En comparant les indices conseillés par Brun (2007) (*Centaurea cyanus*, *Viola tricolor-type*, *Papaver*, Euphorbiaceae, *Sanguisorba minor*, *Dipsacus*, *Echium*, *Rubus*, *Cirsium*) avec les indices traditionnels de Behre (1981) (Chenopodiaceae, *Polygonum aviculare*, *Artemisia*, Urticaceae, *Plantago lanceolata*, *Plantago major-media*, *Rumex acetosa*) sur une séquence fossile lacustre avec un apport pollinique régional (lac Saint-Point) et une séquence issue d'un paléo-méandre de la vallée du Rhône avec un apport pollinique local (le Marais, en Isère), Gauthier (2012) a montré que les taxons traditionnels ne doivent pas être *abandonnés*, surtout dans les époques anciennes soumises à un couvert forestier encore dense. Les taxons conseillés par Brun (2007) apparaissent effectivement plus précisément dans les périodes récentes, suggérant *un type d'environnement et de système agraire qui se met en place à partir de la période médiévale dans les zones de moyenne montagne* (Gauthier, 2012).

Ainsi, pour l'étude de nos séquences médiévales, modernes et contemporaines, les taxons traditionnels ont été gardés. Nous avons ajouté de plus les taxons énoncés par Brun (2007) présents dans nos échantillons (tab. 1.).

Les marqueurs anthropiques liés aux variations des arbres et arbustes

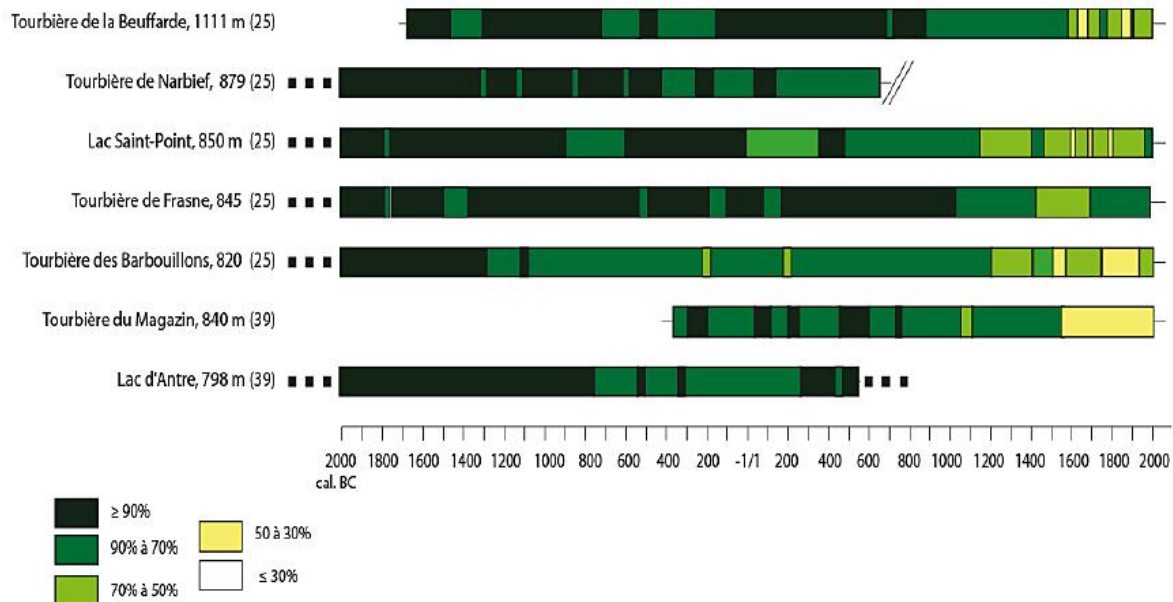
Les apports de l'information pollinique des arbres et arbustes constituent des marqueurs anthropiques à ne pas négliger dans tous types de contextes quand ils ne sont pas expliqués par des causes climatiques par exemple, et particulièrement dans les systèmes agro-sylvo-pastoraux que constituent le massif jurassien.

Parmi ceux-ci, les signes d'ouverture des milieux, liés aux défrichements, à l'exploitation forestière (bois de chauffage, construction et plus localement l'exploitation de la poix), sont évidemment mis en évidence par des baisses, ou chutes importantes de certains arbres. Ces baisses peuvent aussi favoriser l'expansion d'autres arbres et l'apparition d'arbustes pionniers et héliophiles. Les politiques de gestion forestière peuvent

aussi être marquées dans les variations d’abondance de certains arbres (reboisements). La végétation et l’exploitation des haies et des pré-bois, l’exploitation/abandon des tourbières, constituent aussi des indices de pratiques agro-pastorales à ne pas négliger. Certains sont plus simples à déterminer que d’autres mais doivent être pris en compte dans l’étude des interactions sociétés-environnement, surtout pour les périodes historiques.

Le rapport entre les pourcentages de pollens d’arbres et arbustes et le total des pollens (abrégié dans notre travail AP/T : Arborean Pollen / Total Pollen) souvent utilisé pour montrer les variations d’ouverture/fermeture du milieu est à manier avec précautions et en regard des courbes individuelles des taxons. En effet, englobant la somme totale des arbres et arbustes, la courbe AP est soumise d’une part, aux différences de production et dispersion polliniques pouvant entraîner une sur- ou sous-représentation du total pris en compte et d’autre part, aux causes naturelles d’une baisse ou d’une augmentation de certains taxons. Toutefois, il constitue un outil intéressant à ne pas négliger.

Dans le massif jurassien, les études menées sur les quatre derniers millénaires montrent que le rapport AP/T ne dépassera plus jamais 90 % à partir des XI^{ème}-XII^{ème} siècles (fig. 5), témoignant du développement et du maintien des activités agro-pastorales dans les zones d’altitude (Gauthier, 2012 ; Gauthier et Richard, 2015).



L'apport des microfossiles non-polliniques (MNP ; planche 3)

Enfin, l'étude des MNP peut constituer une information importante dans l'approche de l'impact humain et des activités agro-pastorales. Là encore, les particularités locales jouent un rôle important et nécessitent les études d'analogues actuels. La moyenne montagne française a été le terrain d'études importantes pour la construction d'une meilleure compréhension de ces microfossiles non-polliniques (López-Sáez *et al.*, 1998 ; Galop *et al.*, 2003 ; Mazier, 2006 ; Cugny *et al.*, 2010 ; Cugny, 2011 ; Jouffroy-Bapicot, 2010 ; Gauthier, 2012 ; Diètre *et al.*, 2012 ; López Villa *et al.*, 2014 ; Servera Vives, 2014). L'interprétation de ces marqueurs est soumise aux mêmes limites que l'approche pollinique et particulièrement dans les systèmes lacustres, dont les apports érosifs par exemple, peuvent entraîner des effets des surreprésentations. De plus, une grande partie des MNP que nous utilisons sont sensibles aux conditions environnementales (en faisant d'ailleurs de bons marqueurs) dans lesquelles ils croissent, entraînant une représentation pas toujours homogène dans le temps et l'espace et une précaution quant à leur interprétation dans les diagrammes (climatique vs anthropique).

Parmi les MNP livrant des informations sur les pratiques agro-pastorales, les ascomycètes coprophiles sont à ce jour les plus employés. Le premier ensemble que nous avons créé (*coprophiles / et/ou potentiel indicateurs pastoraux/carbonicoles*), comprend la totalité des champignons ayant une information certainement ou potentiellement liée aux activités pastorales et carbonicoles. Le second ensemble qu'il nous a semblé important de classer dans les potentiels marqueurs anthropiques (*saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers*) comprend un cortège de champignons étant liés aux systèmes forestiers. Ceux-ci semblent sensibles aux variations de la forêt et pourraient témoigner de phases de défrichements ou de recolonisation forestière. Enfin, sous l'ensemble *érosion*, figure un taxon, *Glomus* (HdV-207), champignon mycorhizien arbusculaire dont les mycorhizes sont transportés dans les sols érodés, pouvant être liés à des phases de pression érosive dues à des pratiques humaines.

De nombreuses études tendent à démontrer les liens entre les pratiques agro-pastorales et plus largement l'impact humain et certains autres MNP. Le cas des algues et cyanobactéries, des dinoflagellées ou des restes zoologiques (rotifères, cladocères, chironomes) est intéressant (voir par exemple : Haas, 1996 ; Jankovská & Komárek, 2000 ; Komárek & Jankovská, 2001 ; van Geel *et al.*, 1994 ; Gauthier, 2012 ; Payne *et al.*, 2012 ; Hillbrand *et al.*, 2014). De par leur sensibilité aux changements écologiques, l'impact des activités humaines (apports en matière organique, en nutriments) entraîne des

modifications dans leur abondance. Concernant les pratiques culturales, bien que certains champignons, larves ou restes d'insectes ou bactéries soient caractéristiques de certaines cultures (céréalières, viticoles...), peu d'études à ce jour leur sont consacrées (voir par exemple Mc Andrews et Turton, 2007 et 2010 sur l'utilisation des spores de parasites tels les charbons et les rouilles). Dans notre étude, l'identification bien souvent trop imprécise des MNP n'a pas mené à de telles mises en évidence bien que certaines soient soupçonnées. Dans les séquences du Granier où la viticulture est importante, l'identification de restes de *Phylloxera*, insecte qui ravageait les vignobles français à la fin du XIXème siècle aurait été, de plus, un bonus. Toutefois, les liens existant entre certaines pratiques liées aux cultures, comme le rouissage du chanvre, et certains MNP marqueurs d'eutrophisation, a été suggéré (Komárek & Jankovská, 2001 ; Riera *et al.*, 2006 ; Laine *et al.*, 2010).

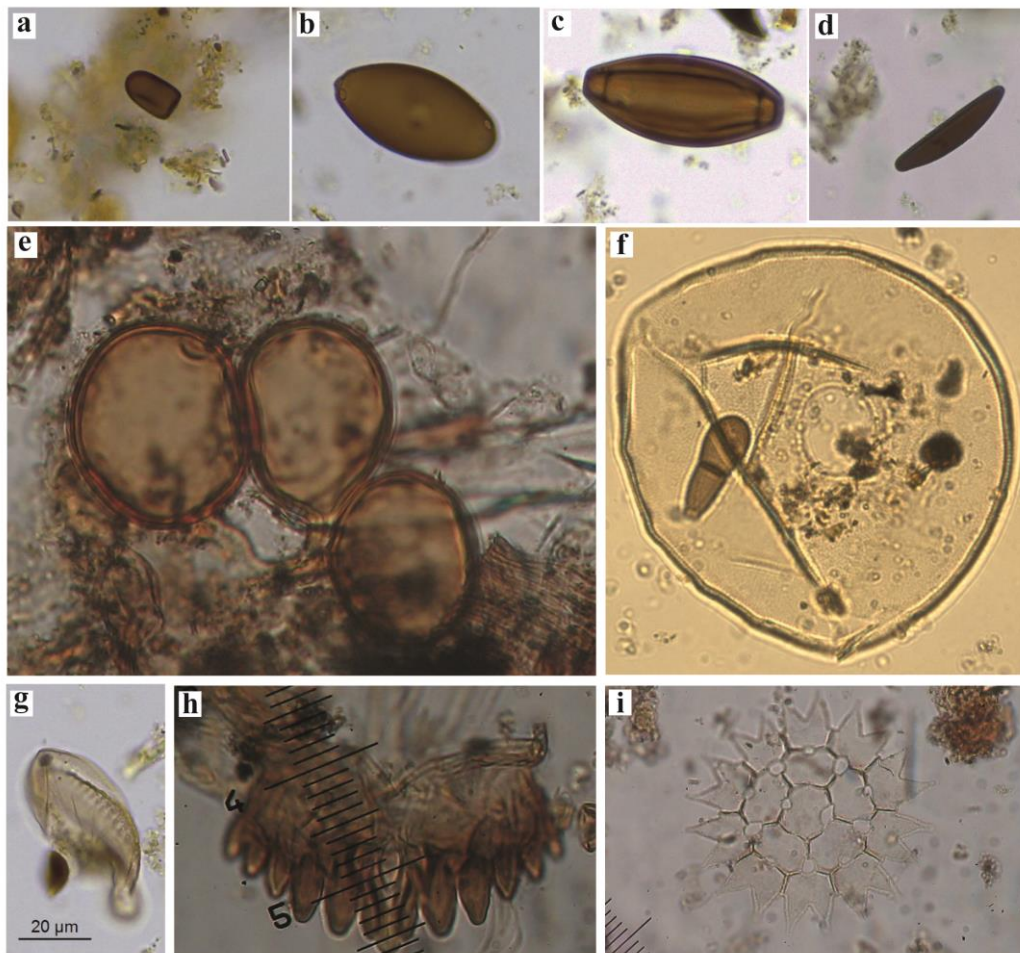


Planche 3 - Microfossiles non-polliniques. Types fongiques (a) *Sporormiella* (HdV-113) ; (b) *Podospora* (HdV-368) ; (c) cf. *Diporotheca rhizophila* (cf. HdV-143) ; (d) *Krestchmaria deusta* (HdV-44) ; (e) *Glomus* sp. (HdV-207) ; (f) *Trichocladium* sp. (HdV-572) et *Arcella* sp. (gros reste zoologique –amibe à thèque). **Autres restes zoologiques** (g) LCE-11 ; (h) Chironomideae indif. **Algues** : (i) *Pediastrum boryanum* var. *cornutum* (clichés L.Murgia)

1.6. Récapitulatif des analyses paléoenvironnementales

Méthodes et analyses	Sites étudiés	
	Doubs - Jura	Savoie - Alpes
	Lac de Remoray	Lac Saint-André
Paramètres généraux		
Forage	Plateforme Uwitec Carottage long	Carottier à piston sur embarcation légère (3 carottes /lac)
Séquence étudiée	REM07-2A1_2A2	LSA1
Longueur de la séquence (cm)	200	89
Echantillonnage (en continu sur toutes les séquences)	5 mm (de 0 à 25 cm) 10 mm (de 25 à 200 cm)	10 mm (5 mm si couche remarquable)
Sédiment		
Scan à haute résolution	Oui	Oui
Scopix	Oui	Non
Susceptibilité magnétique	Oui (1mm)	Oui (1mm)
Densité	Oui (1mm)	Oui (2mm)
X.R.F.	Oui (1mm)	Oui (100mm)
Matière organique (C/N)	Oui (±40 mm)	Oui (20 mm) + LOI (±30 mm)
Datation		
²¹⁰ Pb	Oui	Oui (corrélacion Chambéry SANP1)
¹³⁷ Cs	Oui	Oui
¹⁴ C	Oui	Oui
Palynologie		
Pollens, spores et microfossiles non-polliniques Résolution d'analyse	<u>En continu :</u> 5 mm (0 à 25 cm) 10 mm (25 à 140 cm) <u>Isolés :</u> 50 mm (140 à 200 cm)	<u>Isolés :</u> ±40 mm (0 à 50 cm) 10 mm (50 à 89 cm)

Tableau 3 - Récapitulatif des analyses paléoenvironnementales

2. L'approche historique : sources bibliographiques, "butinage" archivistique et explorations méthodologiques

Dans les zones d'étude, la première étape concernant l'approche croisée appliquée dans ce travail a été de faire un état des lieux des connaissances et recherches pouvant être appliqué à la compréhension des relations sociétés-environnement menées par les historiens, géographes et archéologues ; étape aujourd'hui commune, nous l'avons vu, dans les études paléoenvironnementales.

En plus des données fournies par les travaux de dépouillement des sources archivistiques et des diverses informations historiques et archéologiques déjà disponibles dans les zones étudiées, le choix a été fait de consacrer une partie de la recherche à de nouvelles sources. L'emploi du terme "*butinage*" correspond à une réalité matérielle et méthodologique. Comme chacun sait, l'archivistique, est un travail chronophage et nécessitant une méthode approfondie. Une étude exhaustive sur plus de mille ans dans deux sites d'étude différents n'était évidemment pas envisageable dans le cadre de cette thèse. Après une période de découverte globale des sources pouvant apporter des informations sur l'histoire des interactions sociétés-environnement, des choix et "ponctions" ont été faits, en fonction de la problématique globale de la thèse. Par soucis de cohérence, les sources utilisées sont présentées dans les parties consacrées aux sites étudiés (Parties 3 et 4).

À la découverte du potentiel de certaines sources, une méthodologie exploratoire a été de mise en place pour proposer une approche différente de la confrontation des données palynologiques et historiques afin d'établir une connexion entre les possibilités quantitatives issues des données historiques et des données issues des spectres palynologiques. L'utilisation des cadastres (voir par exemple : Baud, 2010), dont le potentiel informatif spatial et statistique nous a paru intéressant, a été l'occasion de tester cette approche, influencée par les approches géo-historiques développées dans le contexte de la recherche interdisciplinaire. La démarche, venant en complément aux autres travaux menés dans cette thèse, constitue une approche exploratoire et n'a pas pu être exploitée de façon absolue.

Théories et questionnements

La question de la relation pollen-végétation -et donc de la validité de la représentativité des données perçues dans les spectres en palynologie- est une question majeure (Heim, 1970 ;

Reille, 1990 ; Richard, 1999). Les travaux menés sur la modélisation quantitative du couvert végétal (Broström, 2002 ; Mazier, 2006 ; Sugita, 2007a et 2007b ; Gaillard *et al.*, 2008 ; Mazier et Gaillard, 2011, David, 2014) ont apporté des clefs afin de mieux comprendre cette relation. La question de la spatialisation des données paléoenvironnementales à des fins de modélisation paysagère a elle aussi été traitée (par exemple Ballut *et al.*, 2005 et 2008). Enfin, les travaux actuels menés sur la comparaison des données archéologiques, historiques et palynologiques sur le Moyen-Âge et la période moderne menés par Aurélie Reinbold (thèse en cours à l'Université de Rennes) constituent des ouvertures intéressantes.

Ces avancées et questionnements nous ont permis de réfléchir à une connexion entre les possibilités quantitatives issues des données historiques et des données issues des spectres palynologiques (fig. 6). En ce sens, l'utilisation des cadastres (voir par exemple : Baud, 2010), dont le potentiel informatif spatial et statistique est intéressant, a été l'occasion de tester cette approche, influencée par les approches géo-historiques développées dans le contexte de la recherche interdisciplinaire.

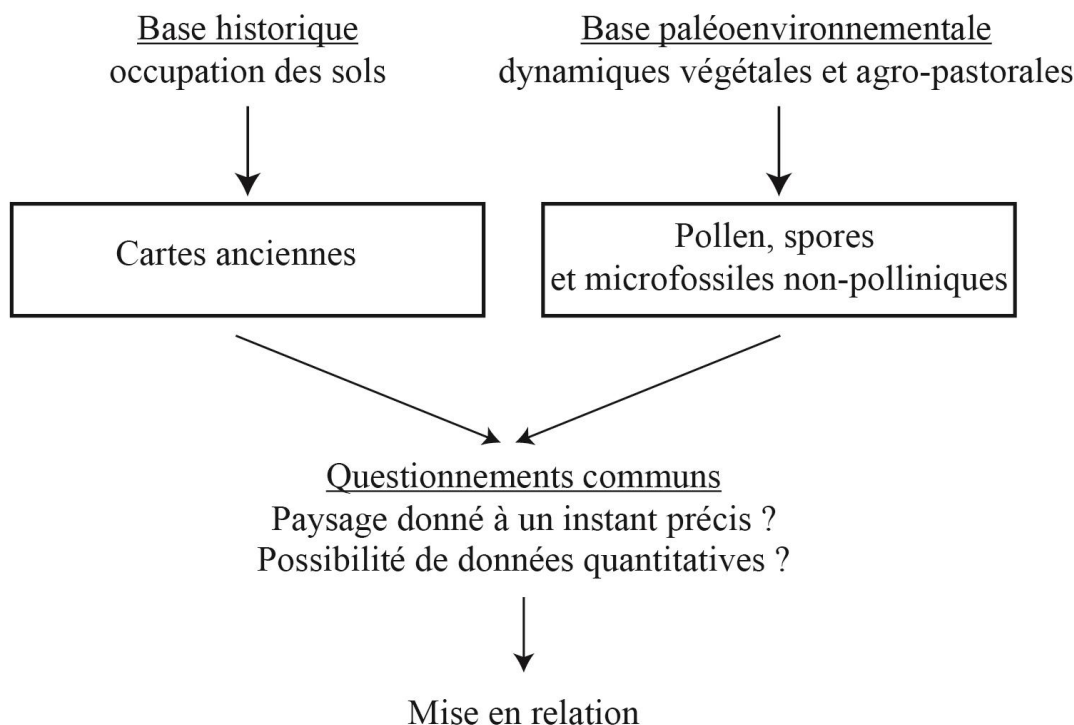


Figure 6 - Bases théoriques et questionnements primaires de l'approche proposée

Cette motivation est née des caractéristiques spéciales de la zone d'étude de l'éboulement du Mont Granier qui dispose de cadastres anciens particuliers et qui ont fait l'objet d'études approfondies (Barbero, 2001; Biasini, 2011). Pour les périodes récentes, divers documents cartographiques et photographiques ont été consultés. Cette approche a été testée par une comparaison entre l'état actuel de l'occupation des sols et un état antérieur : le XVIIIème siècle grâce au cadastre ou mappe sarde pour le lac Saint-André (éboulement du Mont Granier, Alpes) et le XIXème siècle grâce au cadastre napoléonien pour lac de Remoray (massif jurassien). Le logiciel SIG (Système d'Informations Géographique) *ArcGis* a été utilisé dans le cadre de ce travail.

Les sites étudiés bénéficient de l'avantage *théorique* d'une représentativité pollinique certainement plus locale que régionale de par leurs caractéristiques morphologiques (surface du lac et du bassin versant réduits). Disposant alors d'un aspect *théorique* de l'occupation des sols à un moment donné par les sources cartographiques et photographiques (validité des sources fiscales par exemple), nous avons procédé à la confrontation des deux types d'informations. La démarche, venant en complément aux autres travaux menés dans la thèse, constitue une approche exploratoire et n'a pas pu être exploitée de façon absolue. Elle est présentée ici mais reste soumise aux discussions et améliorations futures.

Le cadastre ou mappe sarde autour du lac Saint-André

La mappe sarde est un témoignage unique de la Savoie du XVIIIème siècle. Alors que la Haute-Savoie et la Savoie actuelle faisaient partie du Royaume de Piémont-Sardaigne, une entreprise de cadastration est ordonnée par le roi Victor-Amédée II afin de répartir l'impôt. En résultera un ouvrage inédit, réalisé entre 1728 et 1732 sur les communes du territoire, soit un relevé cartographique de 4 millions de parcelles associées à des livres indiquant propriétaires, nature des sols et rendement des terres (fig. 7).

Depuis quelques années, un travail de digitalisation des documents planimétriques et de relevé des données attributaires a été réalisé sur un certain nombre de communes et fournit un cadre unique de recherche pour les reconstitutions paysagères et les dynamiques d'occupation des sols (Eynart-Machet, 1993 ; Barbero, 2001 ; Baud, 2011).



Figure 7- La mappe sarde, carte et registres (modifié d'après Biasini, 2011)

Pour les communes associées à notre site d'étude, le travail de relevé et de traitement des données attributaires, la numérisation, le géoréférencement et la digitalisation des parcelles sous logiciel SIG a été réalisé par Dominique Barbero (2001) et complété Fanny Biasini à l'occasion de son Master 2 (Biasini, 2011) (fig. 8).

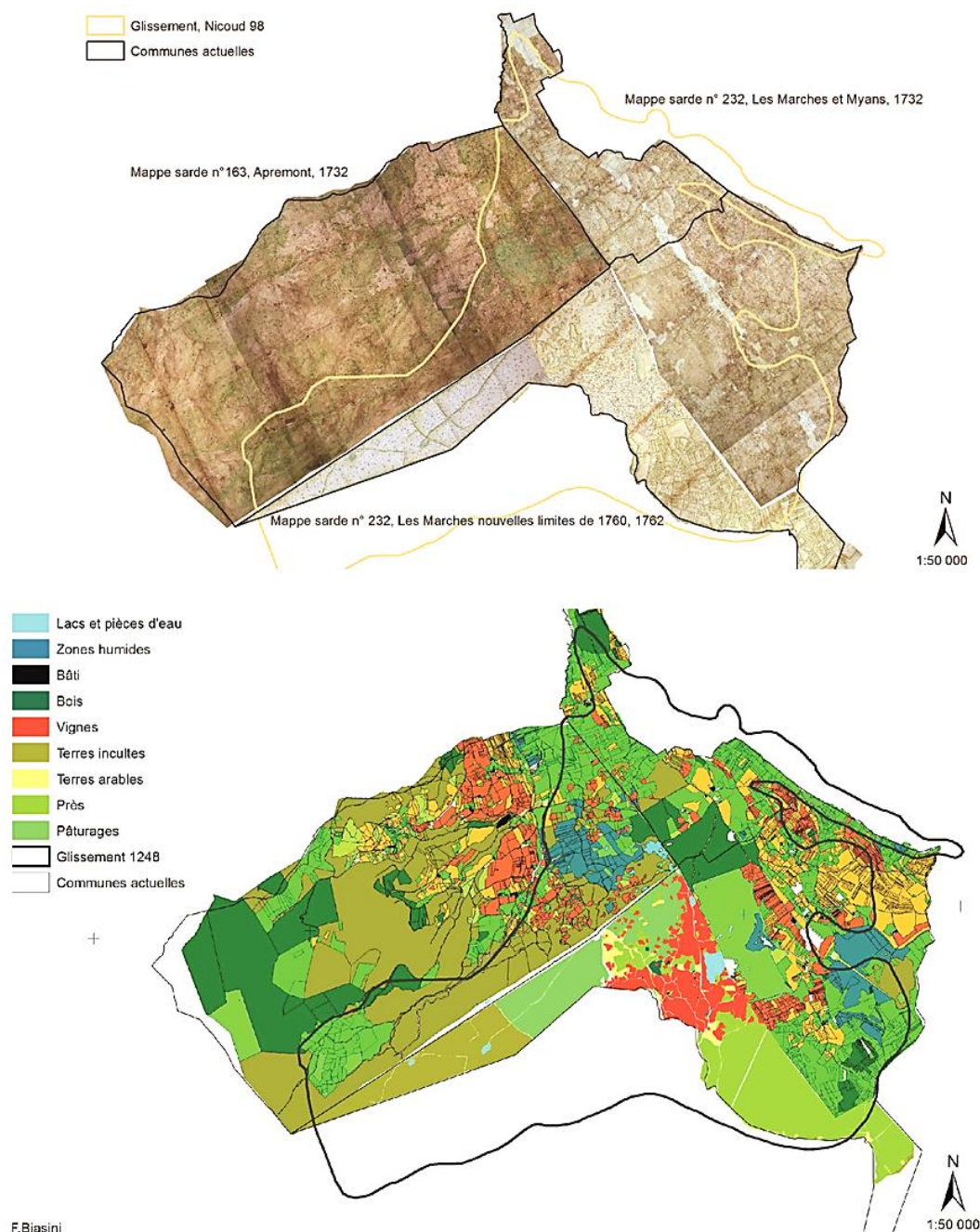


Figure 8 - Mappes sardes des communes étudiées et reconstitution dans le SIG (Biasini, 2011)

Notre travail a consisté à harmoniser et simplifier les données en opérant une re-digitalisation par masses d'occupation des sols (Mappes n°232 et 163). Les 9 classes créées par Biasini (2011) ont été conservées. Afin de tester notre outil dans la zone entourant le lac Saint-André, une contrainte spatiale a été choisie pour une première approche de la méthode, basée sur un apport pollinique supposé très local. Ainsi une zone circulaire de 1km de rayon à partir du centre du lac Saint-André a été tracée d'où ont pu être extraits des pourcentages de surface d'occupation des sols à partir des données géo-référencées (et non des surfaces relevées dans les registres) (fig. 9).

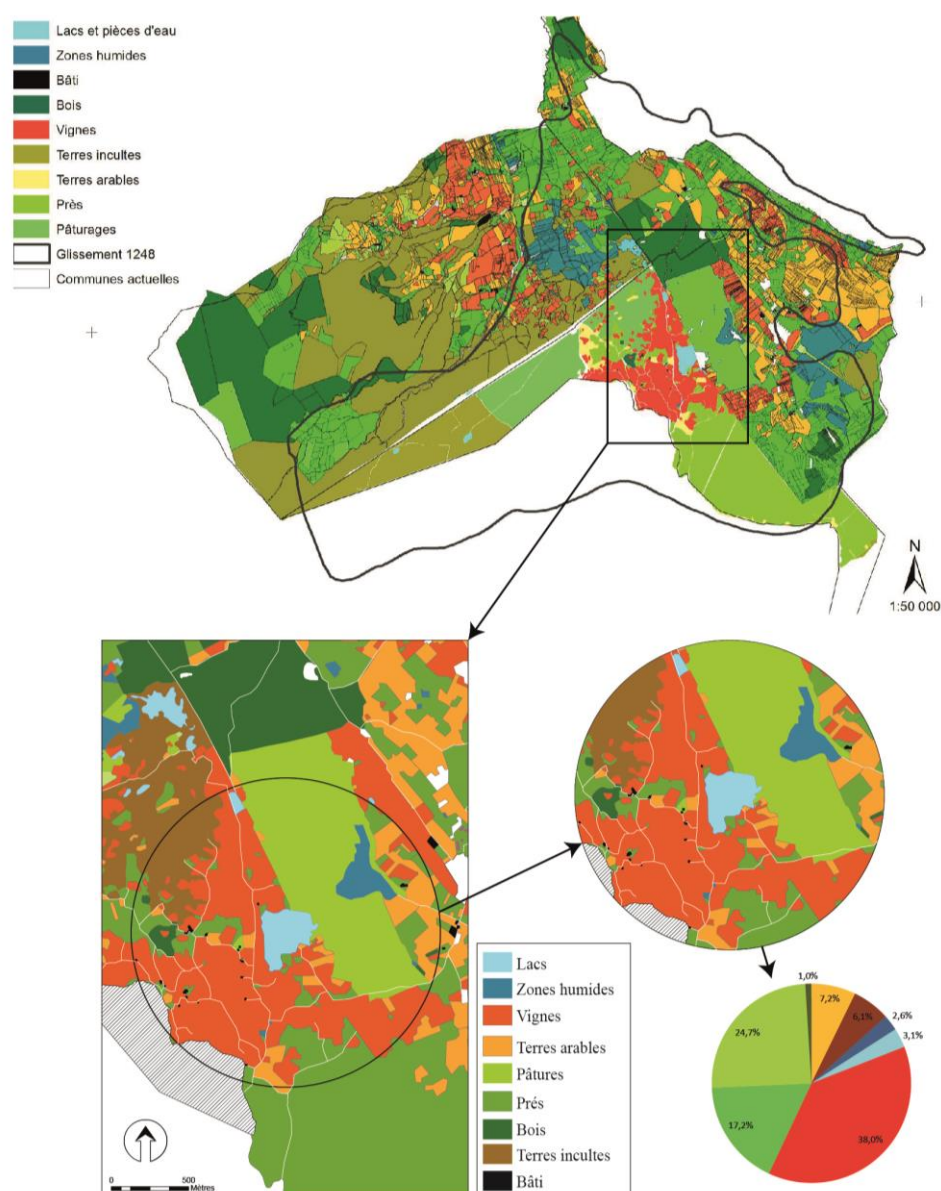


Figure 9 - Choix d'une zone d'étude et extraction des pourcentages d'occupation des sols dans un rayon de 500 m autour du centre du lac.

Le cadastre napoléonien autour du lac de Remoray

Le cadastre napoléonien, mieux connu, est un cadastre parcellaire réalisé pour chacune des communes de France prescrit Par décret-loi du 15 septembre 1807 par Napoléon Ier, dont la réalisation effective s'étendra sur toute la première moitié du XIXème siècle. Il restera en vigueur jusqu'à la réalisation du cadastre rénové au XXème siècle, prescrit par la loi du 16 avril 1930. La fonction primaire du cadastre napoléonien est de déterminer la propriété du sol mais c'est également un outil fiscal qui a pour but d'établir l'assiette de l'impôt foncier (source : ADD 2011, pl.4).

SECTION *A* N. *3* LIEU DIT *Les Châffures et Bois de Bane*

N°	NOMS, PRÉNOMS, PROFESSIONS ET DEMEURES des Propriétaires.	FOLIO de la matrice.	N° du plan.	DÉSIGNATION PARTICULIÈRE des parcelles.	NATURE des propriétés.	CONTENANCE.	CLASSES.	REVENU.	RENVOS pour les parcelles qui éprouvent des mutations.			CAUSES des MUTATIONS.
									Antécédent du numéro d'ordre.	Postérieur au no d'ordre.	Année des mutati- ons.	
1	Remoray (La Com ^{te})	123	1	terres labourables	terres labourables	26 16 20	1. 1. 2	230 24				
2	Remoray (La Com ^{te})	123	2	terres labourables	terres labourables	33 23 40	1. 1. 2 2 3	203 9 21				
3	Remoray (La Com ^{te})	123	3	terres labourables	terres labourables	16 16 70	1. 2. 1. 3.	48 44				
						125 64 40		2317 89				

Beauregard
(2^{me} feuille)
Lac de Remoray
Mont-Sainte-Marie
Abbaye
à l'Est

Planche 4- Quelques vues du cadastre napoléonien

Etat de sections parcellaires (en haut) (commune de Remoray 1839, Section A, ADD 3P487/1)

Extrait d'un plan parcellaire (en bas) (vue sur l'abbaye du Mont-Sainte-Marie ; commune des Granges-Sainte-Marie 1827, section B, ADD 3P1016) (clichés L.Murgia)

Le cadastre napoléonien réalisé dans la zone du lac de Remoray n'a jamais encore été intégré dans un SIG, bien qu'utilisé dans certaines études (par exemple, Carteron & Trivaudey, 1991, pour l'occupation des sols du périmètre de la Zone Naturelle du Lac de Remoray). Pour notre étude, il a donc été photographié, géo-référencé et digitalisé par masses de natures des sols. Le choix du périmètre à traiter s'est fait sur la base du périmètre du bassin versant du lac de Remoray et dans une zone entourant le lac de plus ou moins 4 km. Au total, six communes, cadastrées entre 1827 et 1840 sont concernées. Trois communes actuelles ont été traitées intégralement et trois partiellement en fonction des critères précisés plus haut (fig. 10). Les états de section ont été relevés et intégrés dans une base de données. Les typologies utilisées sur les différentes communes étant hétérogènes (selon les années de levées et les opérateurs), les classes de nature des sols au nombre initial de 87 ont été étudiées et réduites à 8 (fig. 11).

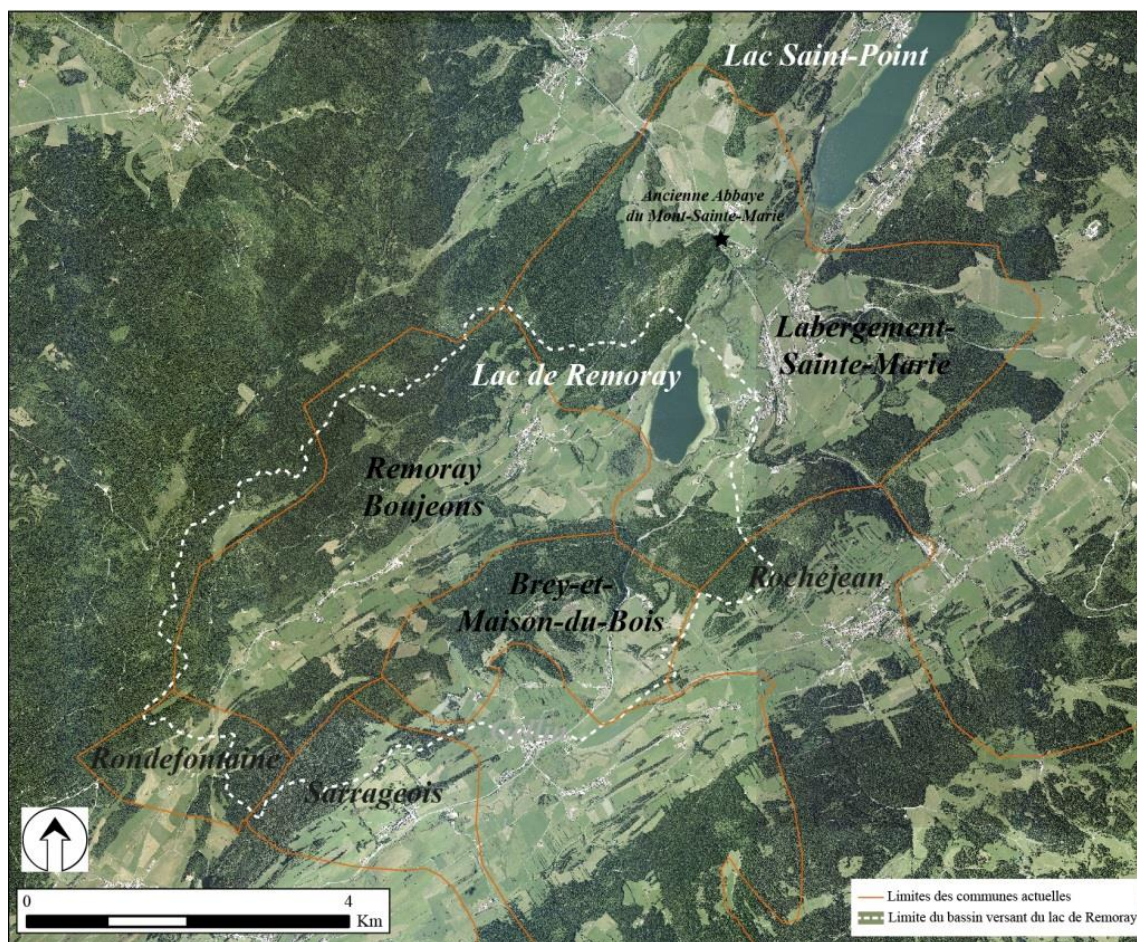


Figure 10 - Délimitation des zones traitées. Les communes actuelles de Labergement Sainte-Marie, Brey-et-Maison-du-Bois et Remoray-Boujeons ont été utilisées intégralement. Les autres communes (Rondefontaine, Sarrageois et Rochejean) ont été traitées en fonction des limites du bassin versant.

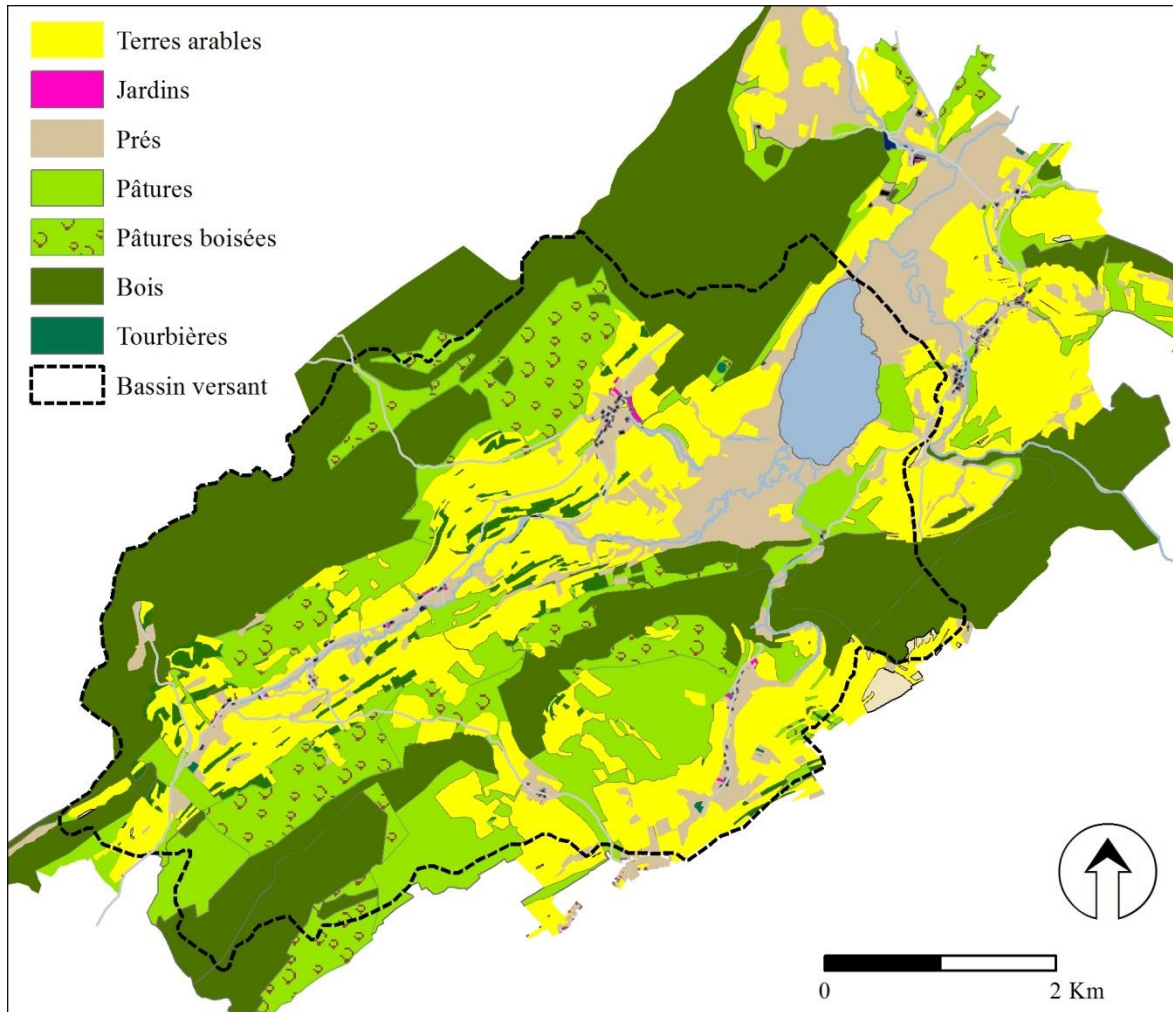


Figure 11 - Résultat de la digitalisation du cadastre napoléonien autour du lac de Remoray.

L'état actuel par les sources cartographiques et photographiques contemporaines et l'approche de la confrontation avec les données palynologiques

Afin d'apporter un comparatif avec des données actuelles, la construction d'une carte d'occupation des sols actuels a été menée. À l'heure actuelle, les données de l'IGN fournissent une offre complète. Les cartes ont été construites à partir de la BD orthophotographie (5m) de 2006, grâce aux données d'occupation du sol CLC 2006 (Corine Land Cover) complétée avec les données d'îlots de culture RPG 2007 (Registre Parcellaire Graphique) et la carte forestière BD forêt (version 2 pour le lac Saint-André sur le site du Granier et version 1 pour le lac de Remoray) (fig. 12 et 13).

Pour les époques représentées, nous disposons donc de valeurs quantitatives (sous réserve de validité historique) en plus du caractère visuel de la répartition spatiale des

masses d'occupation des sols. Ces données sont alors confrontées aux données palynologiques disponibles pour les périodes explorées. Les résultats seront présentés dans les parties 3 (Remoray) et 4 (site du Granier).

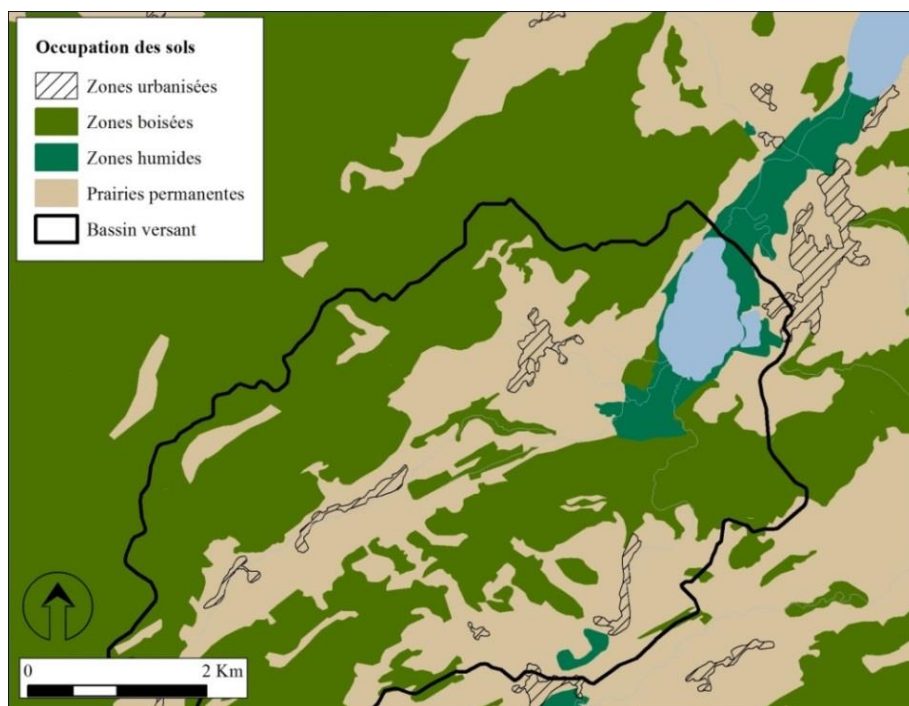


Figure 12- Occupation du sol actuel autour du lac de Remoray

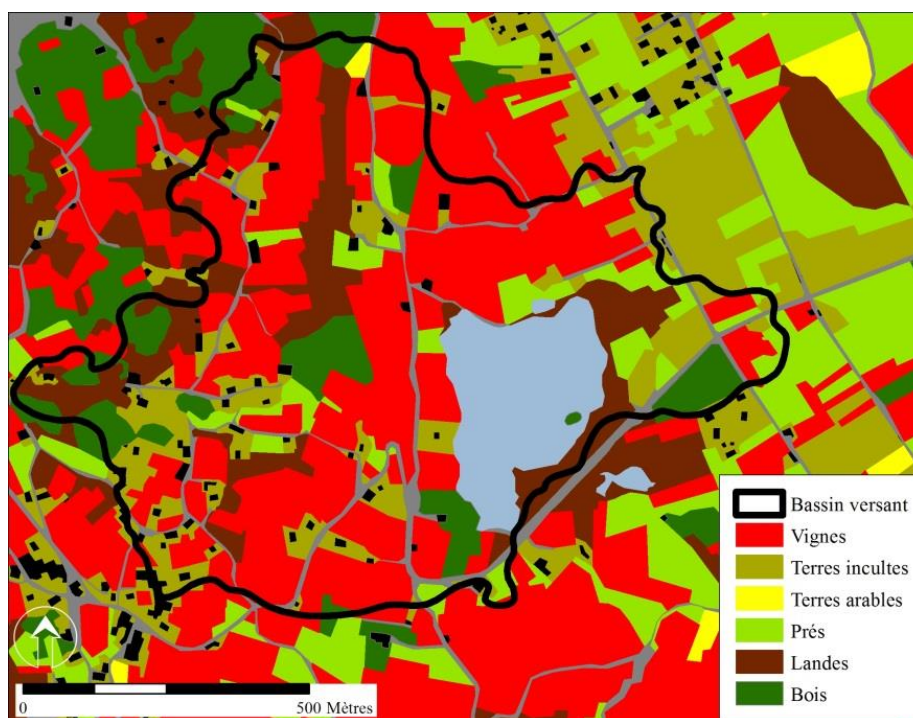


Figure 13- Occupation du sol actuel autour du lac de Saint-André

PARTIE 3

1500 ans d'histoire autour du lac Savoureux

Voilà à notre droite, les hauteurs du Mont d'Or qui se perdent dans l'estompe des nues ; à gauche, le roc abrupt de Rochejean, et un peu plus loin, le lac si gracieux de Remoray. Nous entrons nous-mêmes dans le lac magnifique de Saint-Point, digne de celui que Lamartine a chanté en vers immortels. Laissons-nous bercer par ces flots harmonieux en répétant la méditation du grand poète, et en désirant, comme lui, de jeter l'ancre sur l'océan des âges pour jouir plus longtemps du charme de ces ondes, de ces rochers muets, de ces rians coteaux, de ces noirs sapins, de ces cimes sauvages, du vent qui gémit et des roseaux qui soupirent, des brises caressantes et des airs embaumés. Mais le temps est rebelle à nos vœux... "Il coule, et nous passons". (M. l'abbé Auguste Cizel, La Franche-Comté : discours prononcé à la distribution solennelle des prix du collège libre de La chapelle-s.-Rougemont, 1878.)

1. Cadre de la zone d'étude

1.1. Situation géographique

Parmi les lacs célèbres du massif jurassien, le lac de Remoray, anciennement appelé "lac Savoureux", localisé dans la haute vallée du Doubs, se situe à la frontière administrative des départements du Jura et du Doubs, à quelques kilomètres de la frontière suisse. Situé à 850 m d'altitude, il fait partie de la Haute-Chaîne jurassienne (fig. 14).

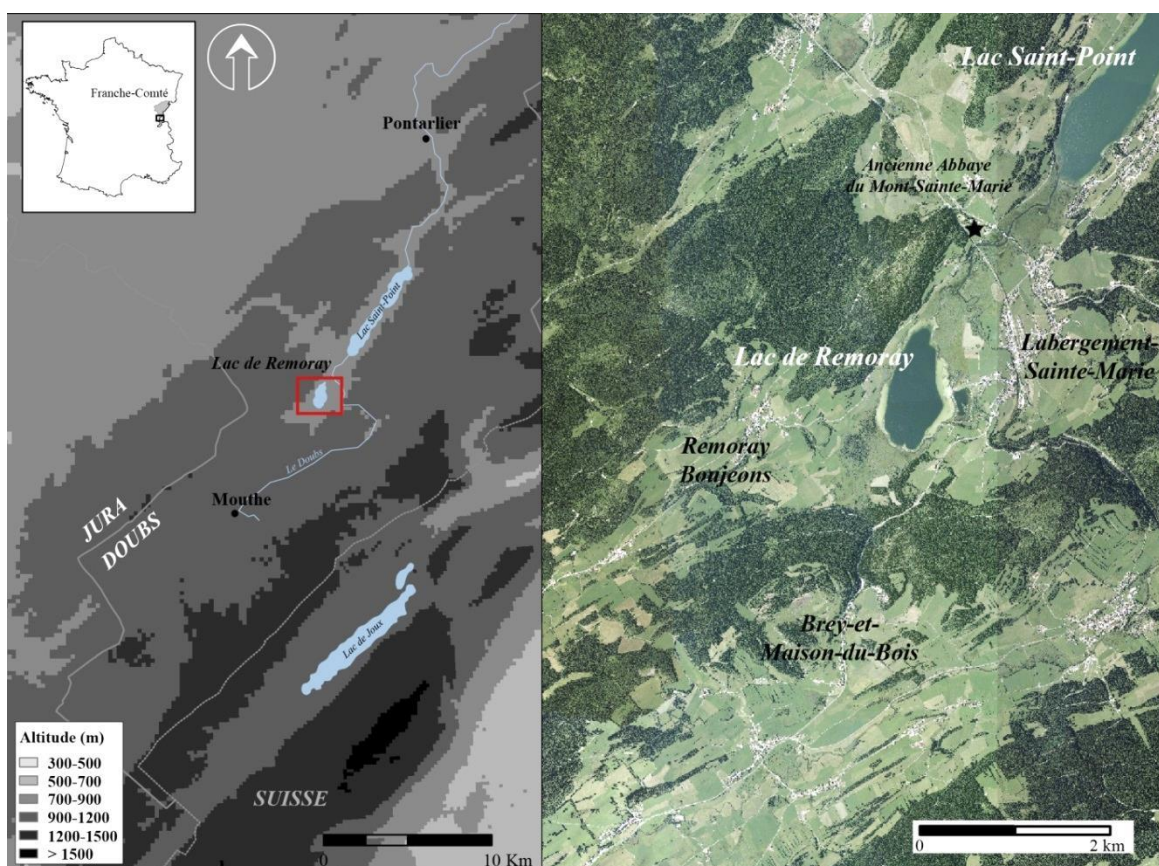


Figure 14 – Localisation du lac de Remoray

1.2. Contexte géologique et hydrologique

La haute vallée du Doubs, succession d'anticlinaux et de synclinaux orientés sud-est/nord-ouest, s'inscrit dans le contexte géologique de la Haute-Chaîne jurassienne, composé de formations du Jurassique supérieur et accompagné de formations du Crétacé supérieur, de moraines et d'alluvions quaternaires (Leroux, 2011).

Au cours du dernier maximum glaciaire (« DMG »), la région est recouverte par la calotte glaciaire jurassienne (fig.15a) dont l'extension s'est produite entre environ -27500

et -24000 ans. Les origines de la formation du lac de Remoray sont à chercher dans l'histoire du retrait de ce glacier jurassien. Progressivement, la déglaciation de la zone va permettre la mise en place d'un lac unique dans la dépression de Saint-Point (18 300 cal.B.P. (*Before Present*) ; Leroux, 2010 ; Magny *et al.*, 2013) qui sera rapidement séparé par un delta, formant ainsi les deux lacs actuels (fig. 15b et c). Ce delta est aujourd'hui une zone de marais et tourbières traversée par le Doubs.

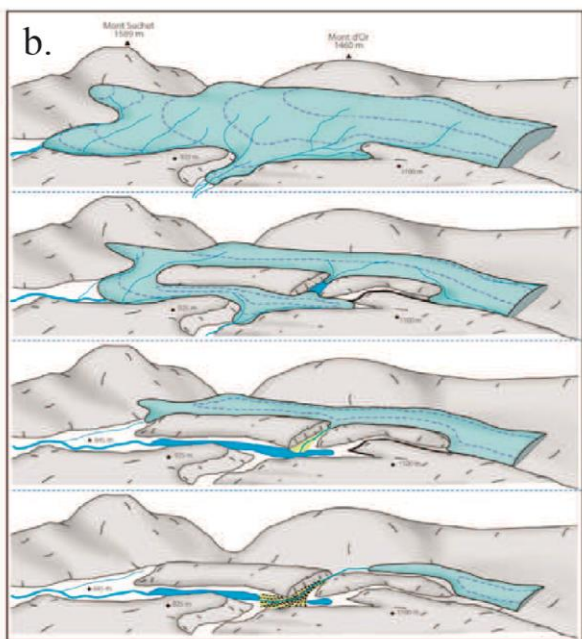
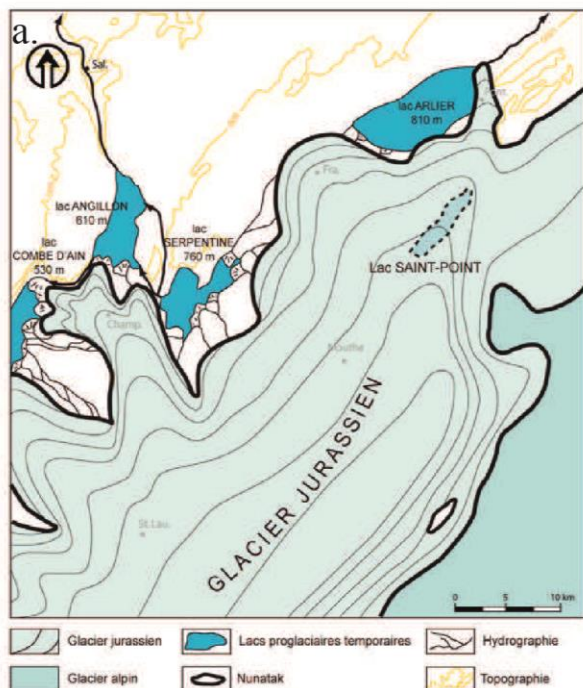


Figure 15- La formation du lac de Remoray
 (a) Positonnement du glacier jurassien au cours de DMG
 (b) les étapes de la déglaciation libérant le val de Saint-Point
 (c) le cône deltaïque séparant les deux lacs
 (a et b : V.Bichet d'après Buoncristiani et Campy, 2004 ; c : Leroux, 2011)

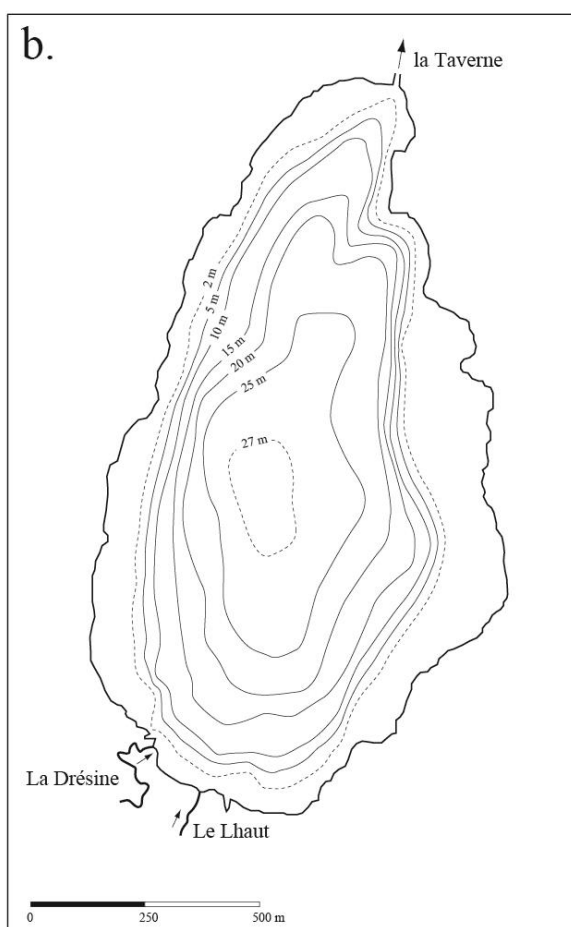
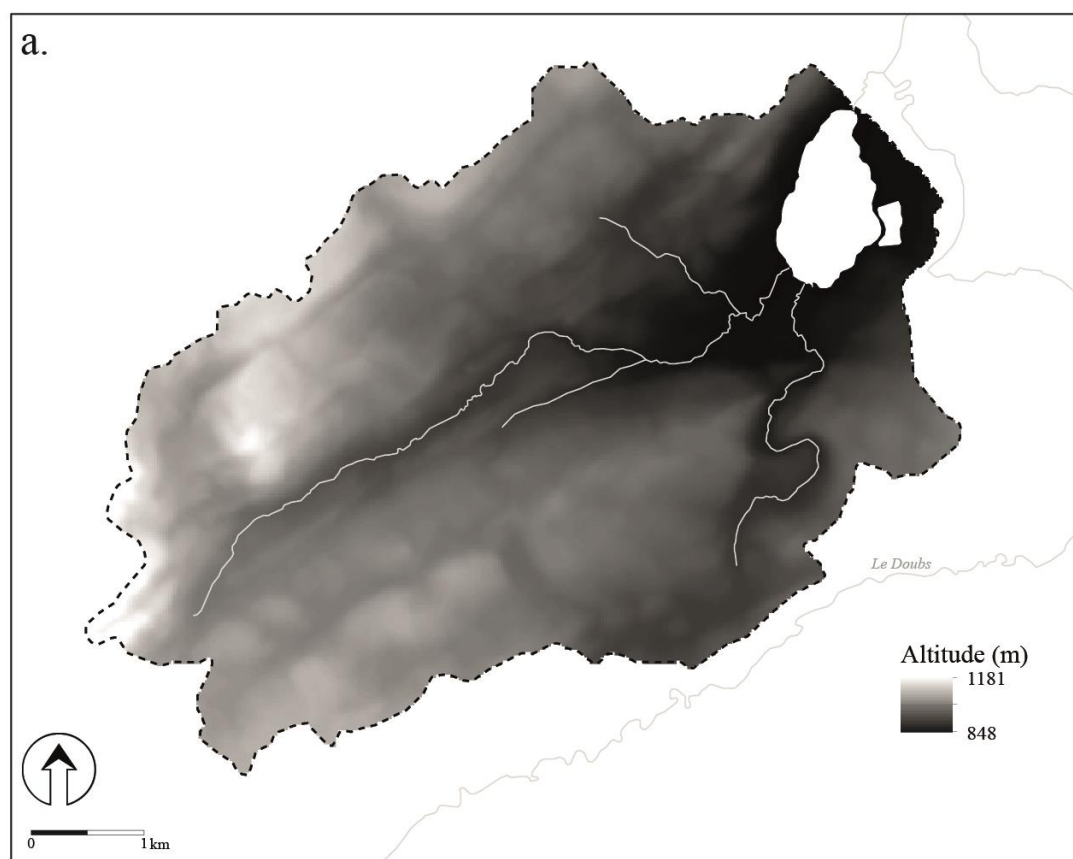


Figure 16 - (a) bassin versant et (b) bathymétrie du lac de Remoray (d'après V. Bichet)

Le bassin versant du lac de Remoray, d'une superficie de 30km², se caractérise par des altitudes situées entre 848 m et 1181 m (fig. 16a).

Le lac, d'une superficie de 95 hectares et d'une profondeur maximale d'environ 27 m est alimenté par deux tributaires, le Lhaut et la Drésine ; son exutoire, la Taverne, se jette dans le Doubs, tributaire du lac Saint-Point (fig. 16b).

Le lac est dimictique ; la surface gèle en période hivernale.

1.3. Climat et végétation actuelle

Les caractères topographiques et géographiques de la zone lui confèrent un climat plutôt humide à tendance océanique et montagnarde. Les hivers sont froids et longs, avec un nombre de jours de gel important. Les étés sont tempérés.

La zone est située en Pontarlier et Mouthe dont les précipitations moyennes annuelles sont respectivement de 1473 mm/an et 1717 mm/an, écart correspondant au gradient altitudinal. Le calcul de la variabilité mensuelle interannuelle réalisé par Bichet (1997) sur une période 33 années (fig. 17) montre une faible variabilité saisonnière des précipitations. Au niveau du lac Saint-Point, Magny *et al.* (2013) montrent une moyenne annuelle des températures comprise entre 1500 et 1900 mm, avec des tempêtes fréquentes en été. De plus, la niviosité constitue plus de 50 % des précipitations observées de novembre à avril (Leroux, 2011). La température annuelle moyenne est de 10,2°C (2,7°C le mois le plus froid et 21,3°C le mois le plus chaud).

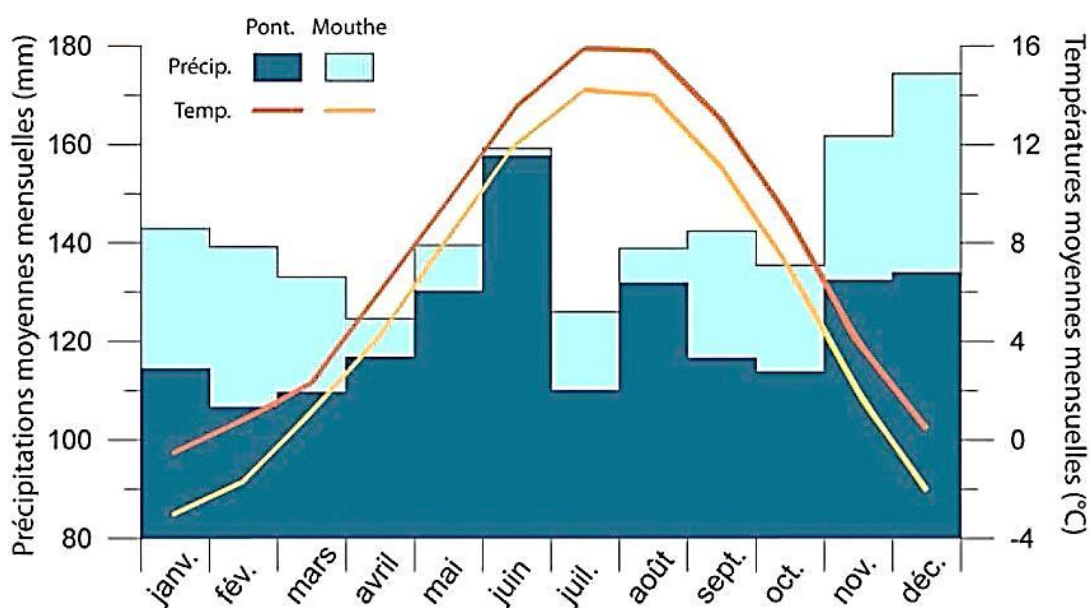


Figure 17 - Diagrammes ombro-thermiques des stations météorologiques de Pontarlier et Mouthe (moyennes mensuelles interannuelles, chroniques météo-France de 1960 à 1993; Leroux, 2011 d'après Bichet, 1997)

La forêt couvre environ 40 % de la surface la haute vallée du Doubs. Avec des altitudes oscillant entre 700 et 1400 m et d'après la classification traditionnelle des étages de la végétation (Rameau *et al.*, 1980), la zone appartient majoritairement aux étages dits «

montagnard inférieur » (650/750 m - 850/950 m) et « montagnard moyen/supérieur » (850/900 m - 1150/1300 m). Le premier est caractérisé par un environnement principalement composé de hêtraies (pures, sapinières, acidiphiles, thermophiles) ainsi que des forêts d'éboulis à érable. Le second étage montre aussi des hêtraies (sapinières, acidiphiles), des forêts d'éboulis à érable et des pessières à airelles (Blant *dir.*, 2001).

La limite entre le Premier plateau et le Deuxième plateau (étages montagnards inférieur et moyen) est cependant floue de par l'abondance des nombreux reboisements de résineux. Toutefois, on remarque une diminution progressive des feuillus au profit du sapin (*Abies alba*) dès 650 m. Ainsi, l'étage montagnard inférieur est caractérisé par une hêtraie-sapinière, qui voit apparaître à partir de 800 m (étage montagnard moyen) l'épicéa (*Picea abies*) (Gauthier, 2004).

De façon générale, le bassin versant du lac de Remoray est constitué de 42% de forêts dominées par les résineux (sapin-épicéa), 11% de forêts mixtes, 34 % de prairies naturelles et artificielles et 6 % de zones humides ; les 7% restants étant partagés entre l'hydrographie et les zones urbanisées (IGN-BD Forêt v.1 et *Corine Land Cover*, 2006).

L'environnement local du lac se caractérise par ses paysages sylvo-pastoraux et ses zones humides. Les zones humides se situent au sud-ouest et au nord-est du lac. Elles se composent de zones de marais, où sont présents des ensembles forestiers de type *Fagion sylvaticae* (Luquet, 1926 ; groupement montagnard, acidiclinales à calcicoles), des cariçaies, des mégaphorbiaies, des prairies humides fauchées. De plus, au sud du lac, est présente une tourbière (Tourbière du Crossat, couverte d'une pessière sur tourbe, de pins et de bouleaux) (pl. 5a-2 et pl.5b-6). Des saulaies sont présentes dans toutes les zones humides environnantes et des prairies mésophiles, pâtures et prairies de fauche constituent l'essentiel du reste du paysage végétal (pl. 5a-1 et 3). La forêt domaniale du Mont-Sainte Marie écharpe les versants de la vallée et se compose majoritairement de hêtraies-sapinières et plus sporadiquement de hêtraies à dentaires (au nord-ouest du lac, le massif de la Grand'Côte, pl. 5a-4 et pl.5b-5 ; au sud-est, la forêt du Mont de la Croix, pl. 5a-2 et pl.5b-6). De plus, les pré-bois, zones de transition entre la forêt et le pré destiné aux pâturages caractéristiques des paysages jurassiens trouvent aussi leur place dans la zone d'étude (d'après Gobet, 1986 ; Tissot, 2009).

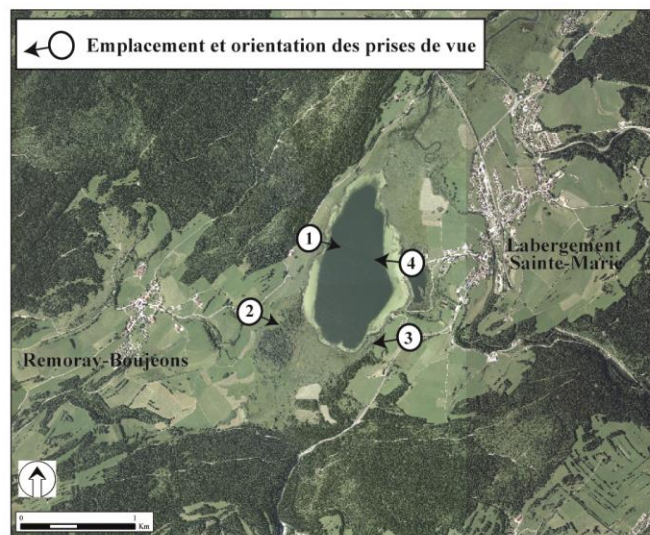


Planche 5a - Environs du lac de Remoray (clichés L.Murgia)

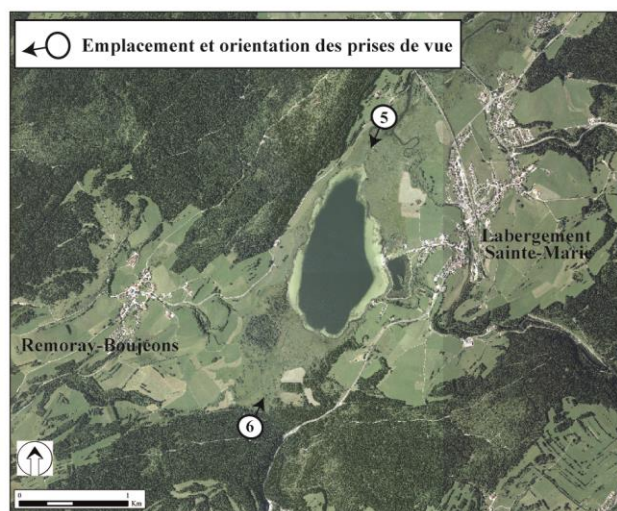


Planche 5b - Environs du lac de Remoray (clichés L.Murgia)

1.4. Contexte paléoenvironnemental du val de Saint-Point

Les études paléoenvironnementales menées dans le val de Saint-Point ces dernières décennies ont permis de fournir un cadre des dynamiques végétales, anthropiques et climatiques particulièrement à travers des analyses multiproxies depuis le Tardiglaciaire : la tourbière de la source du Doubs à Mouthe (Bourgeois, 1990 ; Cupillard *et al.*, 1994 ; Richard, 1994b), la tourbière de Remoray (Richard et Ruffaldi, 1996 ; Richard, 1997), le lac de Remoray (Magny, 1995, 2004 ; Magny & Ruffaldi, 1995) et le lac Saint-Point (Blanc, 1986 ; Verneaux *et al.*, 1988, 1993a, 1993b, 1995 ; Leroux *et al.*, 2008 ; Leroux, 2010 ; Magny *et al.*, 2010 et 2013 ; Murgia, 2011 ; Gauthier, 2012 ; Gauthier *et al.*, 2014).

L'étude du lac Saint-Point montre particulièrement l'évolution de la végétation et des forçages anthropiques et climatiques à travers les 12 000 dernières années (fig. 18). Ce lac formé suite à la déglaciation de la calotte jurassienne et séparé du lac de Remoray quelques temps plus tard par un delta sédimentaire (voir Partie 3-1.2.), a fait l'objet de plusieurs campagnes de forages visant à reconstituer les dynamiques sédimentaires, végétales et anthropiques du bassin versant et du système lacustre.

Quatre grandes phases ont été mises en évidence (fig. 18 ; Magny *et al.*, 2013) :

- Entre 11700 et 10200 *cal.BP* (9750-8250 *cal.BC* (*Before Christ*)) soit le début de l'Holocène, une reprise des écosystèmes terrestres et lacustres est favorisée par un réchauffement climatique.
- Au cours de l'Holocène moyen (10600-6200 *cal.BP* soit 8650-4250 *cal.BC*), des conditions climatiques optimales favorisent l'extension des forêts de feuillus dans le bassin versant et la sédimentation du lac est dominée par des carbonates authigènes et de faibles apports détritiques.
- Après 6200 *cal.BP* (4250 *cal.BC*), des conditions climatiques plus fraîches et humides entraînent l'extension des hêtraies-sapinières et augmentent les apports détritiques dans le lac.
- Enfin, à partir de 1200 *cal.BP* (750 *cal.AD* (*Anno Domini*)), le bassin versant se caractérise par un déboisement lié à l'augmentation de l'impact anthropique tandis que la sédimentation du lac montre des phases irrégulières de sédimentation et d'apports détritiques.

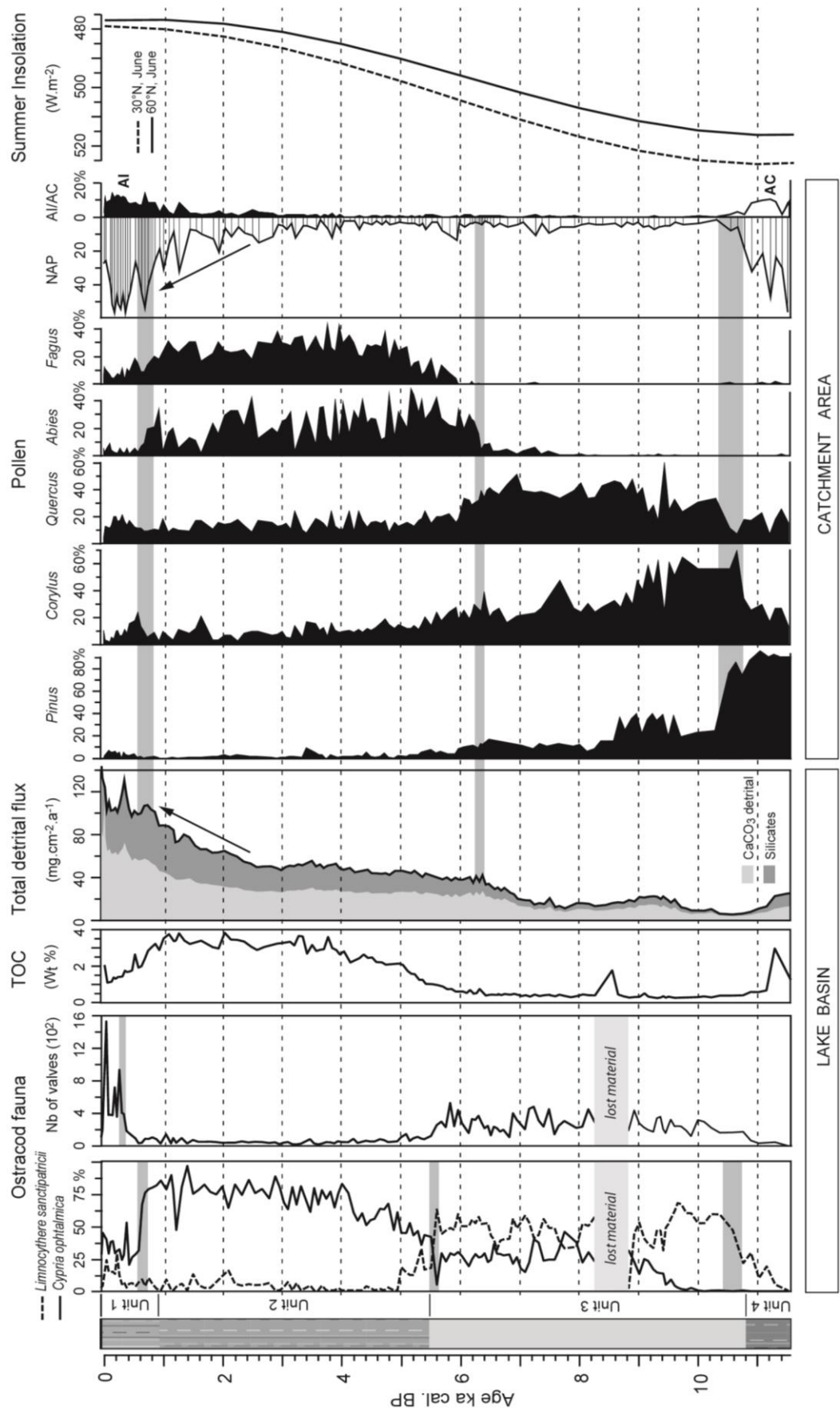


Figure 18 - Lac Saint-Point : comparaison des indicateurs biotiques (pollens et ostracodes), du flux détritique, du carbone organique total et des variations solaires des 11700 dernières années ; les bandes grises correspondent à des changements rapides (Magny *et al.*, 2013).

Un diagramme pollinique plus précis pour le dernier millénaire a été réalisé même si peu de dates radiocarbone y sont associées (fig. 19, Gauthier, 2012) :

- À partir des XI^e-XII^e siècles, l'amplification des défrichements devient évidente.
- Les épidémies de peste et les guerres du XIV^e siècle entraînent une baisse des indices polliniques d'anthropisation et la reconquête forestière est visible dans les courbes de hêtre (*Fagus*) et noisetier (*Corylus*).
- À partir du XVI^e siècle, l'analyse des microfossiles non polliniques met en évidence une forte pression pastorale : les spores de champignons coprophiles montrent la présence d'une grande quantité d'herbivores dans le bassin versant, tandis que l'apparition et la prolifération des algues suggèrent une légère eutrophisation du lac.
- Selon le modèle âge/profondeur (qui reste peu précis entre le XI^e et le XX^e siècle en raison de l'absence de dates radiocarbone), une légère déprise agricole est cependant visible vers 1630 *cal. AD* : chute des valeurs de chanvre (*Cannabis-Humulus*), de seigle (*Secale*), des spores de champignons coprophiles et des algues, et petits pics de hêtre (*Fagus*), d'aulne (*Alnus*), de bouleau (*Betula*) et de charme (*Carpinus*). Il pourrait s'agir des effets de la guerre de Dix ans, assez brutale dans cette partie du massif jurassien car la France revendiquait les montagnes du Jura comme frontière. La Franche-Comté, limitrophe de la Suisse, fut donc envahie, et après 6 mois d'exactions et de pillages, Pontarlier fut finalement brûlée (Louis, 1998). Bien que de courte durée, le dépeuplement est probablement à l'origine de la brève déprise agricole que l'on observe à Saint-Point.
- Entre la fin du XIX^e et le XX^e siècle, la vocation pastorale de la zone se manifeste par l'arrêt des cultures de céréales et de chanvre et les massifs forestiers qui occupent les reliefs voient la reconquête de l'épicéa (*Picea*). (Description d'après Gauthier, 2012).

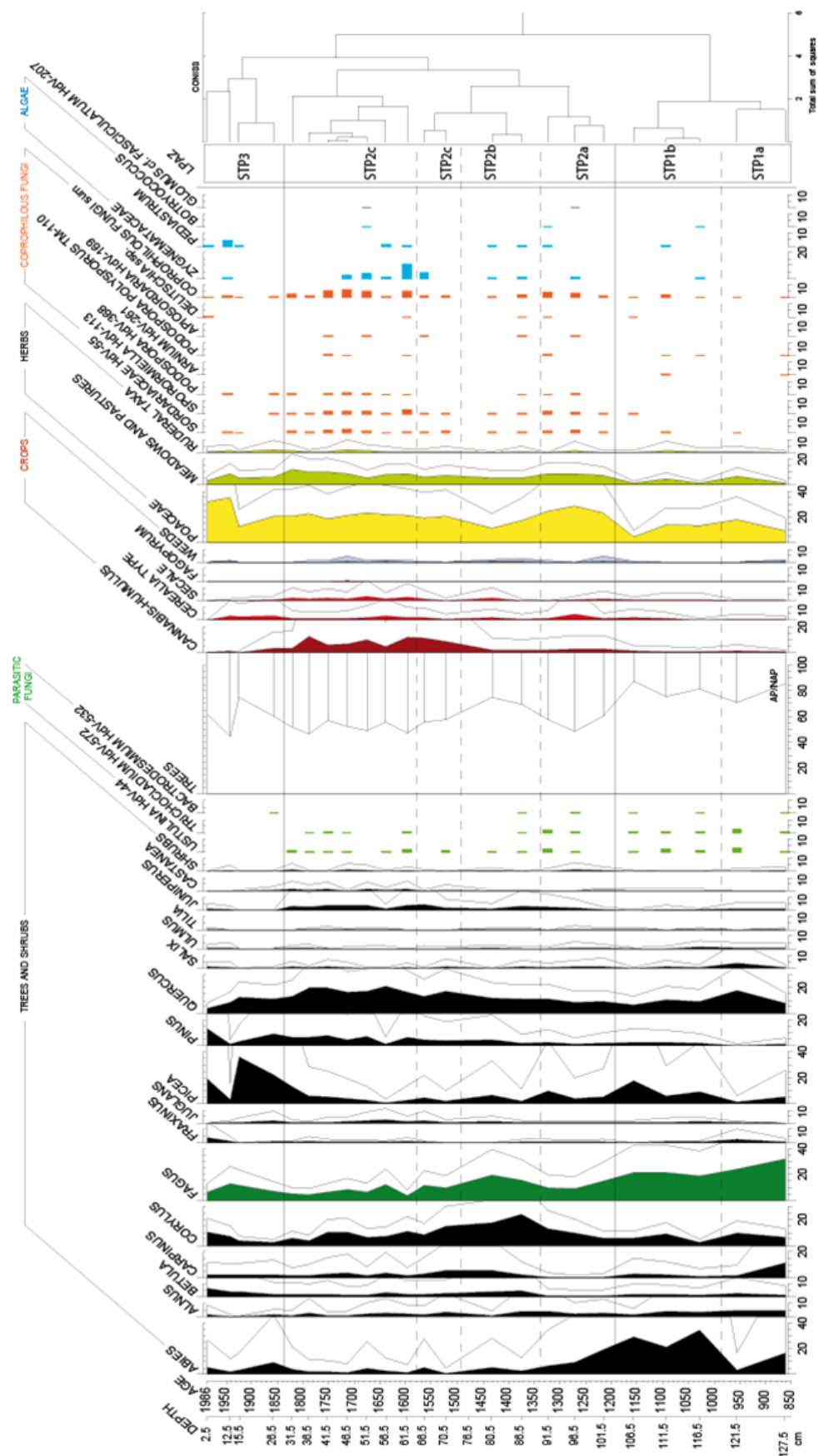


Figure 19 - Diagramme synthétique des pollens, spores et MNP du lac Saint-Point (850 cal. AD-actuel) exprimé en valeurs relatives (Gauthier, 2012)

Enfin, les reconstitutions des variations des niveaux de lacs du massif jurassien durant le dernier millénaire, dont le lac Saint-Point, ainsi que les indices de croissance du sapin ont mis en évidence les variabilités climatiques ayant traversé le dernier millénaire (fig. 20, Magny *et al.*, 2008 ; Magny *et al.*, 2013 ; Bichet *et al.*, 2015). Ces études montrent des périodes de hauts niveaux lacustres, associées à des baisses de l'activité solaire avant 1100 *cal.* AD, aux alentours de 1450 *cal.* AD, 1550 *cal.* AD et 1700 *cal.* AD. Entre 1200 et 1400 *cal.* AD, les niveaux de lacs ont une tendance basse, avec toutefois un épisode de haut niveau aux alentours de 1340 *cal.* AD. À partir de 1720 *cal.* AD, les niveaux lacustres baissent, avec un épisode de hausse vers 1840 *cal.* AD. À partir du XVIème siècle, l'indice de croissance du sapin dans le Jura corrobore ces épisodes particuliers.

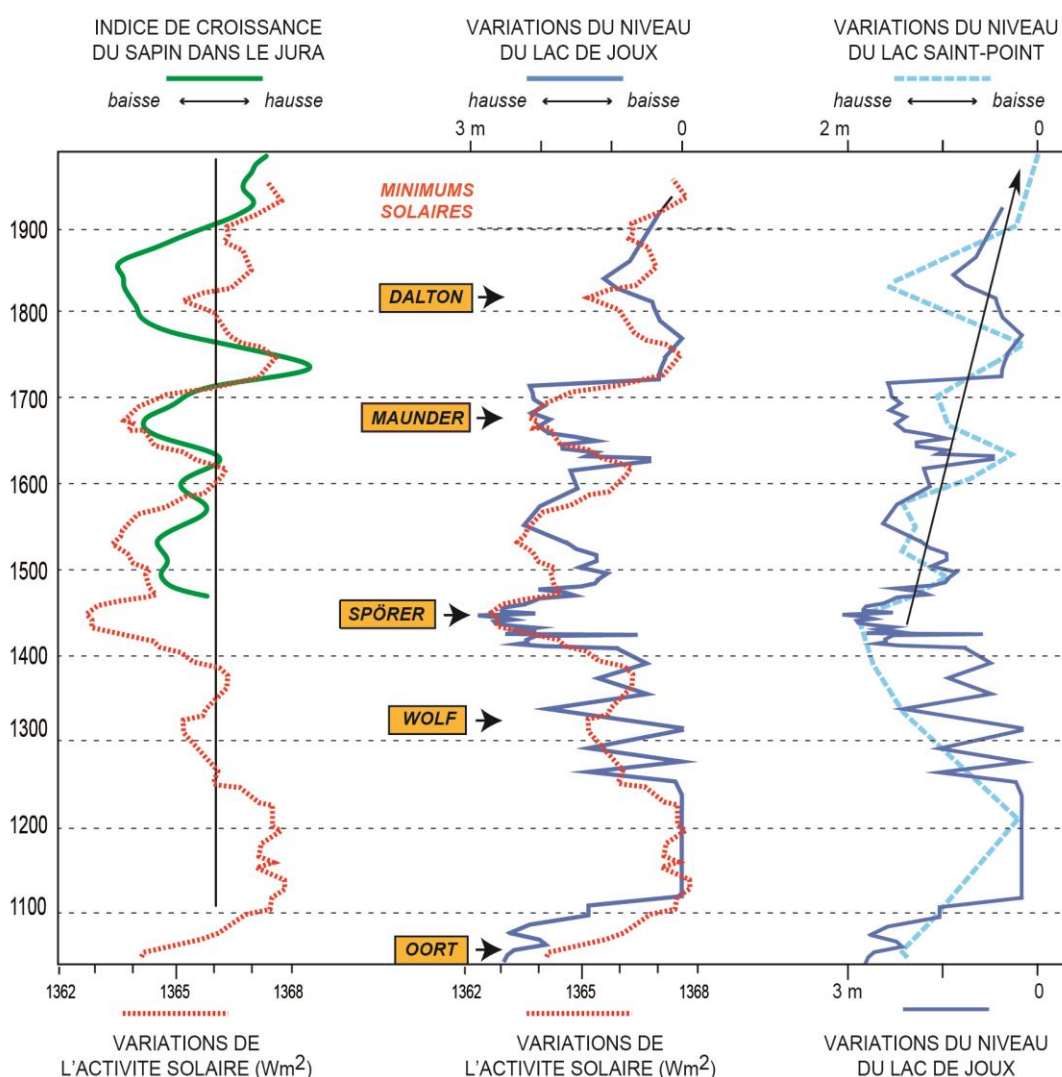


Figure 20 - Comparaison des variations de niveaux de lacs de Joux (Suisse) et Saint-Point (Doubs), des variations de l'activité solaire et de l'indice de croissance du sapin dans le Jura durant le dernier millénaire (Bichet *et al.*, 2015)

1.5. Contexte archéologique et historique

Généralités

La « région des deux lacs » est plus connue pour son histoire récente que pour ses périodes anciennes. Les informations archéologiques sur les temps préhistoriques restent à ce jour anecdotiques (Cupillard *et al.*, 1994 ; Cupillard, 2010 ; Cupillard *et al.*, 2014). Dans l'historiographie et sous l'influence des découvertes lacustres jurassiennes, la question de l'existence de villages palafittes au bord des deux lacs est déjà dans les esprits (Troyon, 1860 ; Muston, 1887). Les recherches actuelles (depuis 2015) permettront certainement de lever le mystère à ce propos. Des prospections systématiques LIDAR, terrestres et aquatiques sont en cours dans la zone d'étude (projets dirigés par M. Thivet, M. Magny, A. Stock, V. Bichet UMR6249 et A. Dumont, UMR6298).

La Protohistoire, l'Antiquité et le haut Moyen Âge, prémices des grandes occupations qui suivront, offrent à ce jour une vision fragmentaire, puisque les découvertes et les recherches sont essentiellement concentrées dans les zones adjacentes à notre zone d'étude telles que les célèbres tumulus de l'âge du Fer de la région de la Chaux d'Arlier (Millotte, 1963 ; Bichet et Millotte, 1992) ou les sites d'époque mérovingienne aux alentours de Pontarlier, avec le cimetière de la Grande Oye à Doubs (Manfredi *et al.*, 1992), et les découvertes récentes d'un ensemble nécropole-habitat à la « Z.A.E. Les Gravilliers » à Pontarlier (Videau et Lajoux, 2014). Au haut Moyen Âge, les sources écrites ne sont pas riches dans la zone qui nous concerne mais il est difficile de penser à un désert humain compte tenu de la situation stratégique du secteur, embrassé par la route Orbe-Pontarlier, théâtre des allers-venus, entre autres, des monastères voisins (St-Maurice d'Agave, Romainmôtier) (Locatelli, 1999).

Ainsi, il faut attendre l'influence des courants religieux et seigneuriaux pour retracer une histoire « archéologique » de notre zone d'étude par l'apparition des installations érémitiques puis monacales. En effet, la région des deux lacs est marquée par l'installation de quelques ascètes à Mouthe (1077 AD) et Vaux / Mont-du-Fourg (début du XII^{ème} siècle) dépendants respectivement des abbayes de Saint-Claude (Jura) et de Romainmôtier (Suisse). Le contexte religieux, politique et certainement climatique (optimum climatique médiéval) du XII^{ème} siècle convertira petit à petit les lieux en de véritables terroirs puissants. Ainsi, la communauté d'ermites de Mont-du-Fourg, appuyée par le sire Gaucher de Salins, se transformera en abbaye cistercienne, l'abbaye du Mont-Sainte-Marie (Acte de fondation 1199 AD), qui se déplacera probablement en 1243 AD à l'emplacement actuel,

entre les deux lacs Savoureux (Remoray) et Dampvauthier (Saint-Point). Dès les XIIème-XIIIème siècles, la zone d'étude est donc en voie de peuplement et de modification des territoires, concrétisée rapidement par les créations de hameaux et villages dépendants non seulement de Mont-Sainte-Marie, mais aussi des seigneuries et châellenies environnantes (Locatelli, 1999 ; Carry-Renaud, 2011).

Les activités économiques se diversifient et prennent leur essor durant les siècles suivants (polyculture, élevage, exploitation de la tourbe, commerce de la poix, travail du bois, industrie métallurgique...) malgré quelques épisodes difficiles voire de déprises importantes. En plus des prémices du Petit Âge Glaciaire, le XIVème siècle est marqué par l'épidémie de peste (1349 AD) et la guerre de Cent Ans (ravages dans la région entre 1360 et 1369 AD). Au XVème siècle, les « guerres de Bourgogne » opposant Charles le Téméraire, duc de Bourgogne aux Suisses et à leur allié, Louis XI, roi de France, font des dégâts dans certains villages entre 1475 et 1479 AD.

Le XVIIème siècle, prospère suite à la poussée démographique héritée du siècle précédent, sera marqué par la guerre de Dix Ans (1634-1644 AD), épisode local de la guerre de Trente Ans ravageant l'Europe. Certains villages seront entièrement reconstruits et la peste s'installera une nouvelle fois (Louis, 1998 ; Delsalle, 2000 ; Gresser, 2012).

Mais la fin de ce siècle annonce un nouvel essor qui perdurera jusqu'au milieu du XIXème siècle. Les richesses de la forêt sont exploitées à leur maximum, les pratiques agro-pastorales sont variées et il faudra attendre la transition XIXème-XXème siècle pour que les paysages que nous connaissons actuellement se mettent en place. Le déclin démographique est manifeste et les transformations économiques et sociales entraînent une mutation du monde rural. Les cultures céréalières, légumineuses et textiles sont peu à peu abandonnées au profit des prairies et pâturages ; les surfaces boisées regagnent du terrain annonçant la vocation pastorale de la région (Mayaud, 1979). Les années 1970 sont une nouvelle transition, un repeuplement s'opère dans les communes rurales. Un nouvel agencement territorial s'organise autour de l'agglomération de Pontarlier et le caractère frontalier et touristique de la région augmente le solde migratoire des villages de la région des deux lacs (Chapuis, 2007).

Depuis 1980, une zone de 346,48 hectares autour du lac de Remoray est classée Réserve Naturelle Nationale pour la préservation de la richesse floristique et faunistique. Une gestion particulière a été réalisée sur les cours d'eau (reméandrement ou restauration permettant la hausse de la nappe d'eau et la connexion des cours d'eau avec la zone

humide), la tourbière du Crossat (restauration entre 2005 et 2014 avec comblement des drains et création de mares) et les marais (pâturage extensif et fauches tardives) (Association de la réserve naturelle du lac de Remoray, www.maisondelareserve.fr). La zone est de plus comprise dans le périmètre du Parc Naturel régional du Haut-Jura depuis 2012.

Sources historiques et archivistiques utilisées

L'histoire de l'occupation des sols et des pratiques agropastorales a constitué la part essentielle des travaux de recherche effectués. Parmi les études ayant été réalisées sur la zone, nombreuses sont celles qui ont fourni un travail archivistique conséquent pour les périodes médiévales. Les études portant sur l'histoire religieuse liée à l'installation de l'Abbaye du Mont-Sainte-Marie installée près du lac fournissent de précieuses informations sur l'organisation du territoire. Les questions des défrichements médiévaux ou de la mise en place des premiers villages ont particulièrement été traitées (les nombreux travaux de René Locatelli entre 1958 et 1999 ; Offredi, 1979 ; Marty, 1999 ; Carry-Renaud, 2011 ; Gresser, 1989, 1992, 2002, 2015). Concernant les événements sociaux-politiques et les épidémies de la période moderne, les ouvrages de références ont été consultés (Louis, 1998 ; Delsalle, 2000 ; Gresser, 2012).

Des thématiques plus précises ont été investiguées particulièrement pour les périodes plus récentes à travers les travaux disponibles comme la démographie (données de l'EHESS qui permettent d'avoir une vision de l'évolution communale de la démographie depuis 1793). Les crues et inondations ont fait l'objet d'une étude des crues historiques par la DDTD (direction départementale des territoires du Doubs) dans le *Plan de prévention des risques d'inondation du Doubs amont, étude des aléas* (2012) qui peut être complétée par la base de données historique sur les inondations (BDHI) ou les articles de journaux d'époque (exemple : *Le Courrier de la Montagne*, *La presse Pontissalienne* ; source : AMP, disponibles en ligne). Enfin, les sites internet proposant la numérisation de documents et d'archives ont été consultés. *Gallica* offre une pléthore d'anecdotes sur le Haut-Doubs dont certaines ont été utiles (Enquête agricole de 1929, *Revue des eaux et forêts*, *Le Génie Civil*, Rapports et délibérations du Conseil général du Doubs...). La consultation des archives départementales numérisées disponibles en ligne (*Mémoire Vive*, Besançon) s'est avérée relativement fructueuse. Le Haut-Doubs est encore mal représenté dans les archives numérisées toutefois, certaines collections apportent des informations ponctuelles et parlantes sur les traditions régionales tels que les journaux anciens, l'Almanach Barbizier, les cartes postales anciennes ou encore les manuscrits d'érudits.

Le « *butinage* » archivistique mené aux Archives Départementales du Doubs (ADD) s'est principalement concentré sur une exploration des archives communales (EAC) des communes environnantes de la zone d'étude (communes actuelles : Remoray-Boujeons, Brey-et-Maisons-du-Bois, Labergement Sainte-Marie) et sur des aspects particuliers des activités agro-sylvo-pastorales des périodes contemporaines. Quelques enquêtes et statistiques agricoles du XIX^{ème} siècle ont été consultées. Bien qu'à manier avec précaution du fait de l'information relativement précise selon les époques (pl. 6a), ces statistiques nous renseignent sur les activités agro-pastorales (cultures diverses, prairies, élevage, usages d'engrais...). Pour notre étude, la statistique internationale de l'agriculture de 1873 a particulièrement été observée (pl. 6b).

En plus du cadastre Napoléonien (1829-1840), traité sous SIG dans le cadre de notre approche méthodologique (voir Partie 2.2) principalement pour les communes actuelles de Remoray-Boujeons, Brey-et-Maisons-du-Bois, Labergement-Sainte-Marie, qui a livré des informations précieuses sur l'occupation des sols et certains aspects des pratiques agro-pastorales et industrielles (emplacement des moulins, forges...), quelques cartes des XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles ont été consultées afin de tenter de comparer l'évolution de l'occupation des sols (Cassini (1740), Carte des frontières de l'Est (1785), Etat Major (1866)).

Commune de Remoray - 1855

Culture	Superficie (hectares)	Produit (quintaux)	Prix (francs)
Froment	2 hectares	12 hectolitre	12 francs
Orge	20 hectares	24 hectolitre	24 francs
Avoine	18 hectares	18 hectolitre	18 francs
Maïs	10 hectares	10 hectolitre	10 francs
Legumineuses	10 hectares	10 hectolitre	10 francs
Pâturage	10 hectares	10 hectolitre	10 francs
Forêt	10 hectares	10 hectolitre	10 francs
Industriel	10 hectares	10 hectolitre	10 francs

Planche 6a - Commune de Remoray, état des rendements par type de cultures 1854-1855
(source : ADD-EAC-2738F2, cliché L.Murgia)

TABLEAUX.

PREMIÈRE PARTIE. — SUPERFICIES.

ÉTENDUE DU TERRITOIRE AGRICOLE PAR NATURE DE CULTURES.

	D'APRÈS LE CADASTRE.	ÉVALUATION EN 1873.
	Hectares.	Hectares.
Céréales et autres farineux alimentaires.	40	81' 45
Cultures potagères et maraîchères ¹	1	0' 50
— industrielles.	1	1' 80
Prairies artificielles (y compris les fourrages herbacés, légumineux et racines).	135	123' 66
— naturelles (y compris les pâturages et vergers).	247' 35	246' 39
Cultures arborescentes agglomérées (châtaigniers, oliviers).		
Vignes.		
Total de la superficie cultivée.	453' 35	453' 90
Jachères mortes ²	194' 00	194' 00
Bois et forêts.		
Terres incultes.		
Superficie totale du territoire cultivé.	647' 35	647' 90

DEUXIÈME PARTIE. — PRODUITS DES CULTURES.

1° — CÉRÉALES ET AUTRES FARINEUX ALIMENTAIRES.

	NOMBRE D'HECTARES cultivés.	SEMENCE PAR HECTARE EN HECTOLITRES ET LITRES.		PRODUIT MOYEN BRUT PAR HECTARE.	
		1873.	Année moyenne	1873.	Année moyenne
		Hectol. Litres.	Hectol. Litres.	Hectolitres.	Hectolitres.
A. Céréales.					
Froment et épautre	9 ⁿ 85 ^z	3 ⁿ 10	3 ⁿ 5	19 ⁿ 50	19 ⁿ
Méteil (mélange de seigle et de froment).					
Seigle.					
Orge	29 ⁿ 80	3 ⁿ 80 ^l	3 ⁿ 80 ^l	25 ⁿ 20 ^l	23 ⁿ 25
Avoine	33 ⁿ 20	6 ⁿ 00	6 ⁿ 00	30 ⁿ	28 ⁿ 40
Mais					
Sarrazin (blé noir).					
Millet et autres menus grains					
B. Farineux.					
Légumes secs	60 ans	2 ⁿ ^l	2 ⁿ ^l	12 ⁿ ^l	10 ⁿ ^l
Pommes de terre	8 ⁿ 00	20 ⁿ ^l	20 ⁿ ^l	100 ⁿ ^l	90 ⁿ ^l
Châtaignes					
Riz					
Autres (les dénommer et répondre pour l'ensemble)					

2° — CULTURES POTAGÈRES ET MARAÎCHÈRES.

	NOMBRE D'HECTARES cultivés.	VALEUR DE LA RÉCOLTE EN FRANCS PAR HECTARE CULTIVÉ.	
		1873.	Année moyenne.
Légumes frais de toutes sortes (haricots, fèves, lentilles, pois, choux, carottes, navets, citrouilles, melons, asperges, artichaux, salades, etc.).	3'	2000'	1700' 30

3° — PRINCIPALES CULTURES INDUSTRIELLES.

	NOMBRE D'HECTARES cultivés.	SEMENCE PAR HECTARE EN HECTOLITRES ET LITRES.		PRODUIT MOYEN BRUT EN GRAINES PAR HECTARE.	
		1873.	Année moyenne	1873.	Année moyenne.
		Hectol. Litres.	Hectol. Litres.	Hectolitres.	Hectolitres.
Plantes oléagineuses. { Colza.	60	2'	2'	10'	8'
{ Gaillette et autres					
{ Chênevis (graines de chanvre)					
{ Lin (graines de lin)					
Cultures oléagineuses { Noyers	1' 20	2'	2'	10'	8'
arborescentes. { Autres (amandiers, faïnes de hêtre, etc.).					

Planche 6b - Commune de Boujeons, statistique internationale de l'agriculture, 1873, extrait des tableaux (source : ADD -EAC-1084F1, cliché L.Murgia)

2. Résultats

2.1. Caractérisation de la séquence étudiée

Le forage, réalisé au centre du lac en 2007 sur une plateforme flottante, a permis d'extraire 15 m de séquences par tronçons de 3 m. Les tronçons sont ensuite découpés en portions d'environ 1 m pour le stockage. Dans le cadre de cette thèse, seuls les deux premiers mètres ont été étudiés (REM07-2A1 et REM07-2A2) couvrant une période de 1500 ans (voir 4.2).

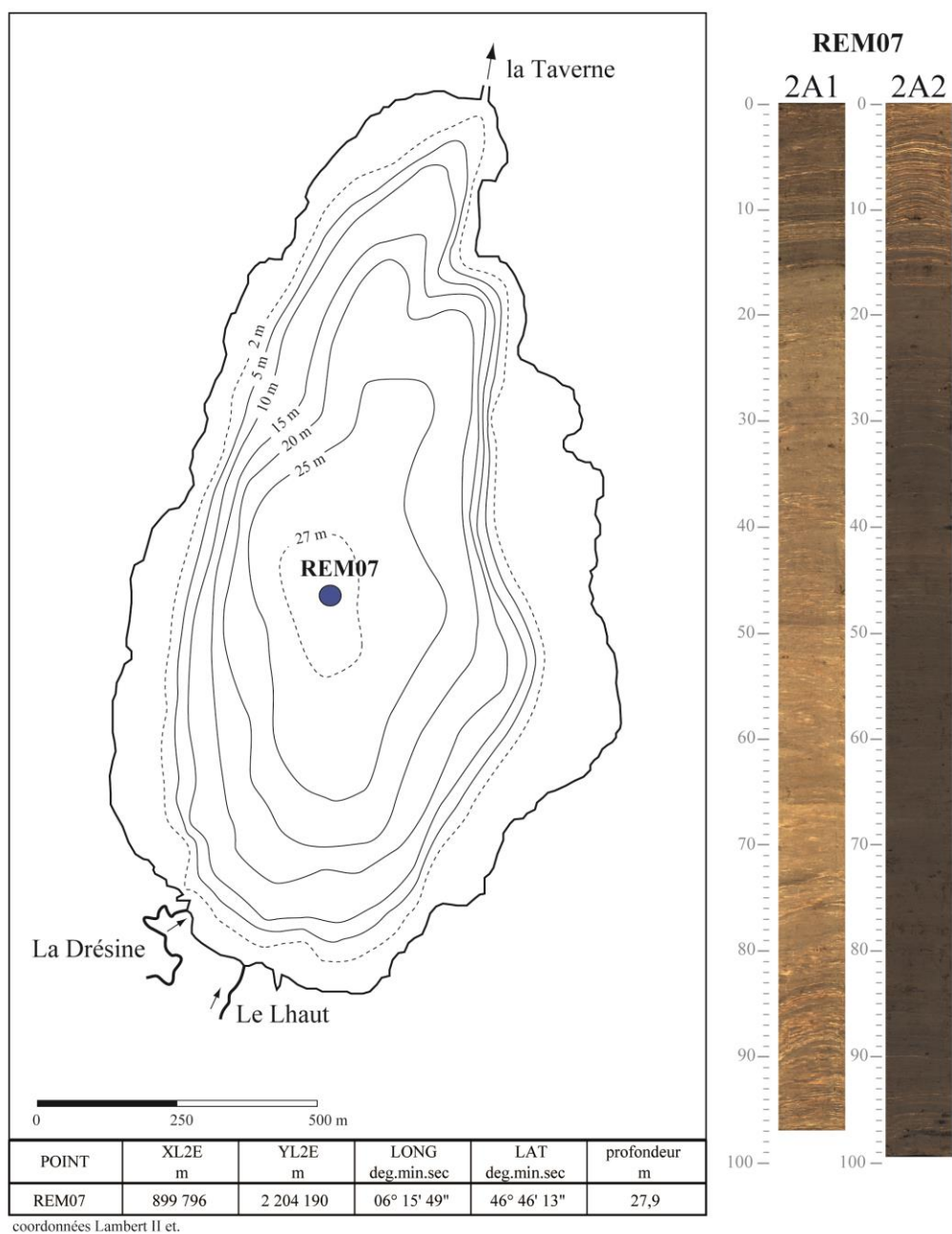


Figure 21 - Emplacement du forage et séquences étudiées

Description de la carotte (V.Bichet)

La séquence sédimentaire correspond à des dépôts carbonatés fins dont la charge en matériel silicaté et organique varie selon les unités. Sur la base d'une analyse en niveaux de gris par radiographie X (Scopix), d'une distinction de couleur sur le sédiment oxydé, des variations de susceptibilité magnétique et du rapport élémentaire C/N (voir Partie 2 (1.3.)), on distingue trois unités majeures (fig. 22 ; U1, U2, U3). Les dépôts sont relativement bien laminés (à l'exception de l'unité 2b) ce qui semble indiquer une quasi absence de bioturbation et des conditions de dépôts plutôt anoxiques ou faiblement oxygénées.

U1 (196,5 à 114,5 cm) : l'unité basale se caractérise par un sédiment de couleur sombre et une susceptibilité magnétique relativement stable et caractérisée par des variations de faible amplitude. Le rapport C/N est élevé, de l'ordre de 13 et plaide pour un apport de carbone organique terrigène en excès par rapport à la matière organique lacustre. L'effet des apports terrigènes se traduit également par un rapport géochimique Ti/Ca élevé (moyenne voisine de 0.05) et des variations importantes (entre 0.03 et 0.09). Le titane (Ti) est le marqueur de la fraction argileuse produite par l'érosion du bassin versant.

U2 (114,5 à 17 cm) : l'unité 2 se distingue par un changement de couleur indiquant un sédiment clair carbonaté. L'unité 2a se distingue de l'unité 2b par la présence puis la disparition des lamines et une diminution rapide des apports terrigènes. L'unité 2a (114,5 à 83 cm) marque la transition entre U1 et U2b. À partir de 100 cm environ et jusqu'au sommet de l'unité 2, le rapport C/N diminue et se stabilise autour de 12. Le rapport Ti/Ca est très bas et stable autour de 0.01 ce qui indique une géochimie presque exclusivement constituée de carbonates lacustres authigènes. A 40 cm, un pic Ti/Ca (A) perturbe le signal (maximum supérieur à 0.06) et révèle un apport détritique évènementiel (crue).

U3 (17 à 0 cm) : l'unité supérieure est constituée d'un sédiment carbonaté identique à l'unité 2 mais la couleur sombre traduit une élévation de la teneur en matière organique. Le rapport C/N atteint sa valeur la plus basse, voisine de 10, indiquant *a priori* une augmentation de la teneur en matière organique lacustre. La lamination, très exprimée, indique des conditions anoxiques (absence de bioturbation) qui semblent avoir prévalu jusqu'au sommet de la séquence. Cette unité est perturbée par deux événements détritiques parfaitement illustrés par le rapport Ti/Ca, à 16 cm (B) et 5 cm sous la surface. Ces deux événements apparaissent biphasés.

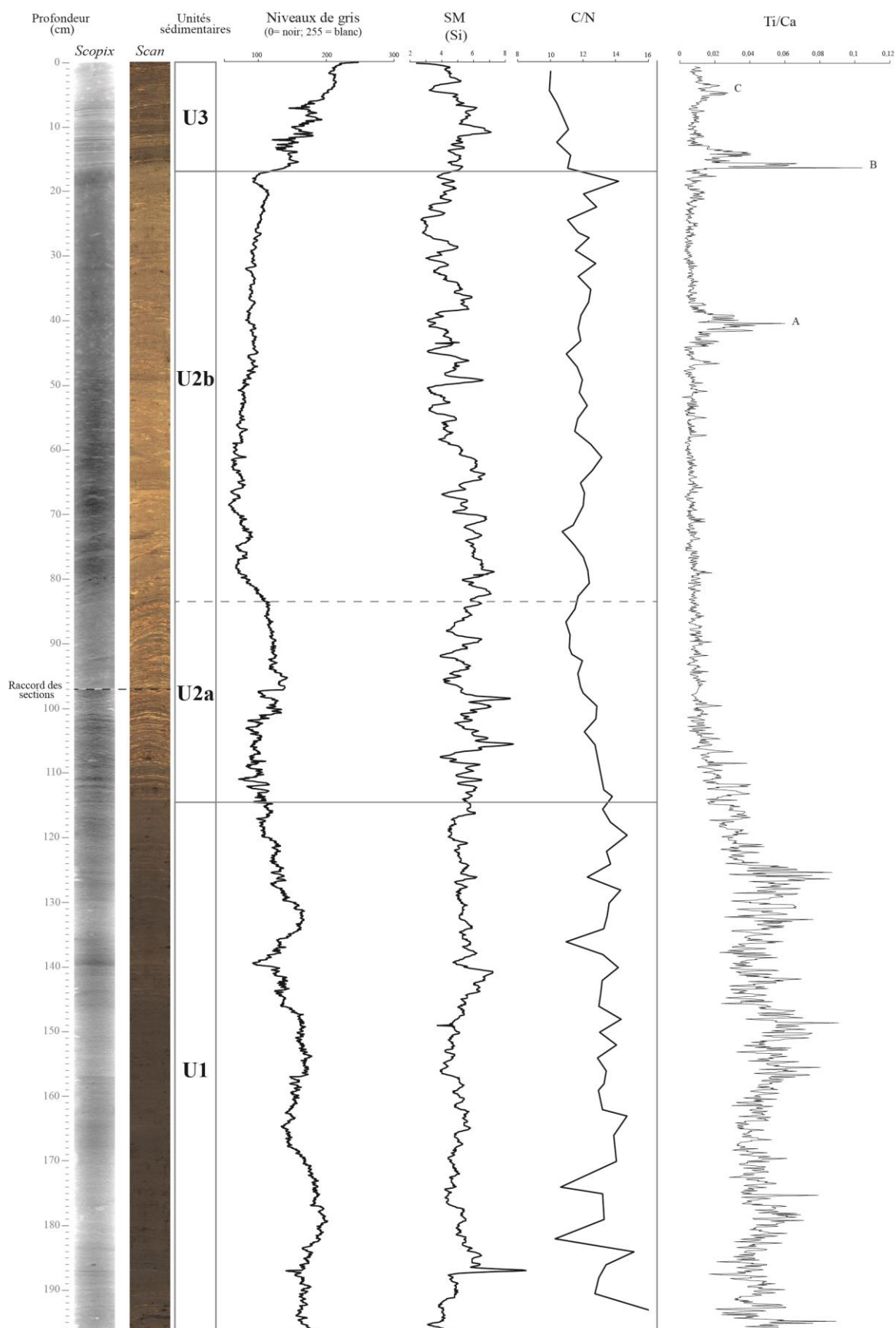


Figure 22 - Résultats des analyses sédimentaires de la séquence étudiée : niveaux de gris, susceptibilité magnétique, C/N et Ti/Ca.

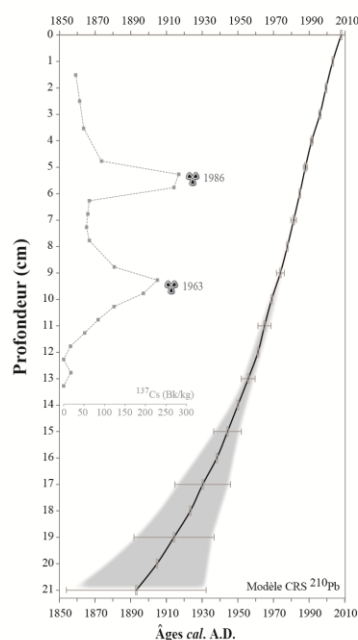
2.2. Datations et taux de sédimentation

La séquence a été datée par cinq dates radiocarbone (fig. 23a) dont une a été rejetée (à 62cm). Ce choix a été fait lors de la construction du modèle âge-profondeur (non cohérente dans le système choisi) et en fonction de la nature du matériel daté, composé de fragments végétaux non-identifiés). La datation des niveaux supérieurs (^{137}Cs et ^{210}Pb) montre que les 150 dernières années correspondent aux vingt premiers centimètres de la séquence (fig. 23b). Le modèle âge-profondeur (fig. 23c), construit par interpolation linéaire des différentes méthodes de datations, semble cohérent. De plus, la comparaison réalisée avec les carottes prélevées et datées en 2013 (Belle, thèse en cours) a certifié les choix réalisés pour la chronologie de notre séquence.

Le taux de sédimentation moyen, estimé par rapport au modèle âge-profondeur présente 3 phases : 2,16 mm/an entre 0 et 20 cm (*circa* 1890 à 2007 *cal.* AD) ; 2,07 mm/an entre 20 et 45 cm (c. 1890 à 1780 *cal.* AD) et 1,12 mm/an entre 45 et 196 cm (1780 à 400 *cal.* AD).

a. Datations radiocarbone

Profondeur (cm)	Matériel	Code laboratoire	Âge ^{14}C B.P.	Âges calibrés A.D. (2 σ)	Moyenne probable A.D.
44,5	Charbon	Lyon-9859	205 +/- 30	1647-1950	1771
46	Fragment végétal	Poz-58998	180+/-25	1658 - 1950	1768
62	<i>Fragment végétal</i>	<i>Beta-347571</i>	<i>570 +/- 40</i>	<i>1299-1428</i>	<i>1352</i>
143	Feuille	Beta-347572	1160 +/- 30	774-905	869
194	Feuille	Lyon-9860	1630 +/-30	346-535	417

b. Datation des niveaux récents (^{137}Cs et ^{210}Pb)

c. Modèle âge-profondeur de la séquence

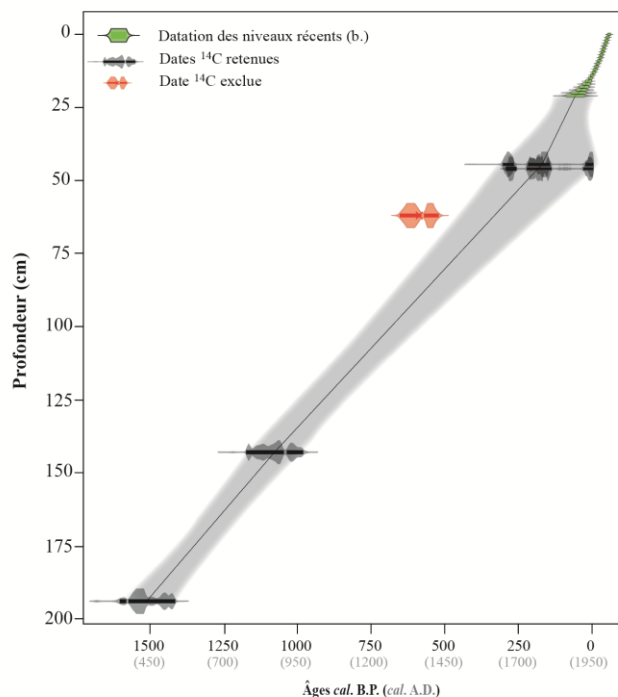


Figure 23 - Datation de la séquence (a) date radiocarbone (b) ^{210}Pb et ^{137}Cs (c) modèle âge-profondeur

2.3. Résultat des analyses des grains de pollen, spores et microfossiles non-polliniques

2.3.1. Estimation de la résolution temporelle des échantillons traités

Deux types d'analyses ont été utilisés pour la réalisation des études palynologiques. Une analyse en continu a été réalisée sur les 137,5 cm supérieurs (entre *c.* 900 *cal.* AD et l'actuel), l'échantillonnage à 0,5 cm ou 1 cm nous a permis une résolution moyenne allant de 2,5 à 4,2 ans / échantillon traité. L'analyse ponctuelle tous les 5 cm sur le reste de la séquence présente une résolution de l'ordre de 45 ans entre chaque échantillon traité (tab. 4).

Type d'analyse	Profondeur (cm)	Période estimée (cal. AD)	Résolution moyenne (en année)
Analyse en continu			/ 1 échantillon
0,5 cm	0 à 24,5	1880 - 2007	2,5
1 cm	24,5 à 137,5	920 – 1880	4,2
Analyse ponctuelle			entre les échantillons
Tous les 5 cm	137,5 à 196,5	400 – 920	45

Tableau 4- Estimation de la résolution temporelle de l'échantillonnage choisi

2.3.2. Description du diagramme

La zonation de la séquence a mis en évidence huit zones d'assemblages polliniques majeures (ZAP) dont certaines montrent des variations appelant à des sous-zonations. Un premier diagramme simplifié des grains de pollen, spores et microfossiles non-polliniques présenté en stratigraphie (cm) avec la chronologie estimée à partir du modèle âge-profondeur et exprimé en valeurs relatives (%) est présenté en annexe 2a (diag. 1 ; annexe 2a; vol. 2), un diagramme complet est consultable à la suite (diag. 2 ; annexe 2b; vol. 2.). Les ZAP sont décrites du plus ancien (REM 1) au plus récent (REM 8).

Les diagrammes des concentrations et flux (diag. 3 ; annexe 2c ; vol. 2) sont présentés en courbes synthétiques. Les principales variations par rapport aux informations issues du diagramme en valeurs relatives sont dans les courbes des HIPA (Herbacées Indices Polliniques d'Anthropisation) et des MNP (Microfossiles Non-Polliniques) coprophiles où leurs abondances sont mieux visibles dans les périodes contemporaines.

Description du diagramme des valeurs relatives (diag. 1 et 2) et récapitulatifs des valeurs absolues (diag.3)

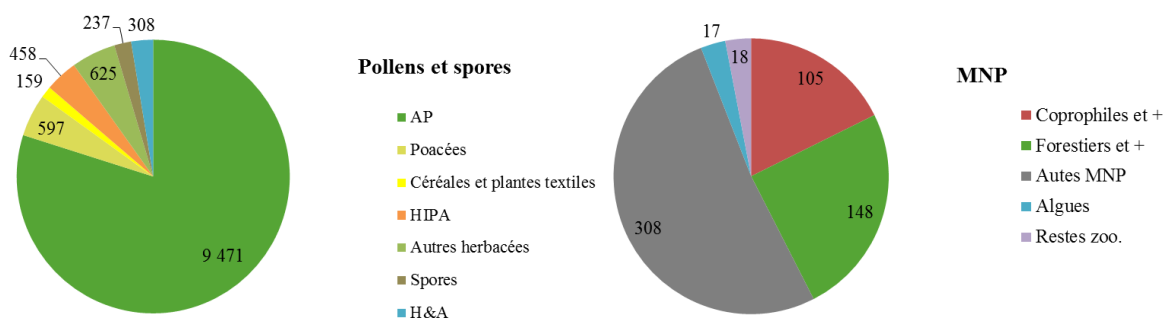
Pour information, le commentaire détaillé du diagramme pollinique figurant dans les pages suivantes est un "passage obligé" de toutes les thèses de palynologie. Certains résument ces descriptions dans un ou plusieurs tableaux, nous avons choisi de les inclure dans le texte. La lecture de cette partie peut paraître ardue pour un non-spécialiste. Pour illustrer ces commentaires nous avons inclus des graphiques "en camembert" qui résument l'essentiel pour chaque zone pollinique (données en influx issues du diag. 3). Le commentaire tiré de ces descriptions (partie suivante -3-) est plus accessible.

REM 1 (196-161 cm) c. 420-700 cal. AD

REM1a (196-189 cm) c.420-480 cal. AD :

Le rapport AP/T est élevé (83%), dominé par *Fagus* (25-35%) en concurrence avec *Abies* (10-15%). On note de faibles taux de céréales et plantes textiles (entre 1 et 2 %) avec une courbe de *Cerealia*-type, des occurrences de *Secale cereale* et *Cannabis sativa*-type ainsi que des valeurs faibles de Poaceae (± 5 %). Le total des autres HIPA est plus important en début de zone (*Plantago lanceolata*-type, Urticaceae, *Papaver rhoeas*-type) puis régresse (légère augmentation des Chenopodiaceae). Les autres herbacées montrent une faible diversité. On note un pic de Cyperaceae et des occurrences de *Myriophyllum*-type et *Sparganium*-type en début de zone. Les spores sont plus marquées en début de zone.

Les différents MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles sont en faiblement présents (*Sordaria*, *Delitschia*, *Cercophora* et *Coniochaeta* cf. *lignaria* en début de zone et apparition de *Apiosordaria* et *Gelasinospora* en fin de zone). Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers et les Coniochaetae/Xylariaceae indif. sont en présence faible (*Kretzchmaria deusta*, *Trichocladium* sp., *Triposporium elegans* et *Asterosporium asterospermum* en début de zone et *Trichocladium* sp. et *Asterosporium asterospermum* en fin de zone). Les autres MNP sont peu représentés (*Valsaria variozona*, en début de zone) ; *Spirogyra* est la seule algue présente, uniquement en début de zone et les restes zoologiques apparaissent discrètement en fin de zone (Occurrence de *Callidina angusticulis* et LCE-11).

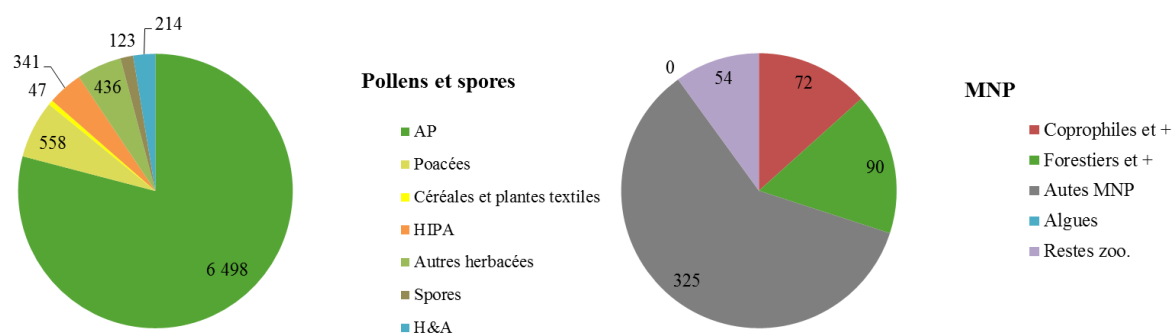


Graphique 1 - Récapitulatif de la zone REM1a (196-189 cm) c. 420-480 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM1b (189-177 cm) c. 480 à 580 cal. AD :

Le rapport AP/T baisse (78 %) jusqu'à \pm 185 cm, induit par la baisse de *Fagus*, *Carpinus betulus*, *Picea*. En parallèle *Abies*, *Picea* et *Alnus* augmentent. En fin de zone, le rapport AP/T observe une nouvelle hausse (qui atteint 85%). *Fagus* remonte progressivement (atteint 35 %) suivi de *Carpinus*, *Picea*, *Salix* et *Abies* qui décroissent en parallèle ainsi que *Alnus*, *Fraxinus* et *Ulmus*. Sur toute la zone, les courbes de *Betula* et *Corylus* augmentent légèrement alors que *Pinus* décroît. Le total des céréales et plantes à vocation textiles est toujours faible avec un pic de *Secale cereale* en début de zone suivi d'une augmentation de *Cerealialia* –type et l'absence de *Cannabis sativa*-type. Les Poaceae augmentent en fin de zone. Les autres HIPA augmentent en début de zone (pics de *Rumex acetosa*-type et *Artemisia*) puis la courbe totale baisse malgré les occurrences de *Plantago major-media* –type, Urticaceae et l'apparition de *Onobrychis*. On note une légère augmentation des autres herbacées (présence plus importante de Scrophulariaceae, Rubiaceae et pics de *Allium*, Caryophyllaceae, Rosaceae et Ericaceae en début de zone), une augmentation des Cyperaceae en début de zone puis une baisse accompagnée d'un pic de *Alisma* –type et une augmentation des spores en début de zone.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles sont faiblement présent en début de zone (occurrences de *Podospora*, *Delitschia* sp., *Arnium*, *Coniocheata* cf. *lignaria*) puis chutent en fin de zone. Après un pic de *Kretzchmaria deusta* associé à *Tripodsporium elegans* en début de zone, le total des saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers chute en fin de zone. Les Coniochaetae/Xylariaceae indif. suivent la même tendance. Les algues sont faiblement représentées (pic de *Spirogyra* en début de zone puis apparition de *Pediastrum* cf. *boryanum*.) tandis que les restes zoologiques amorcent une hausse (LCE-11).



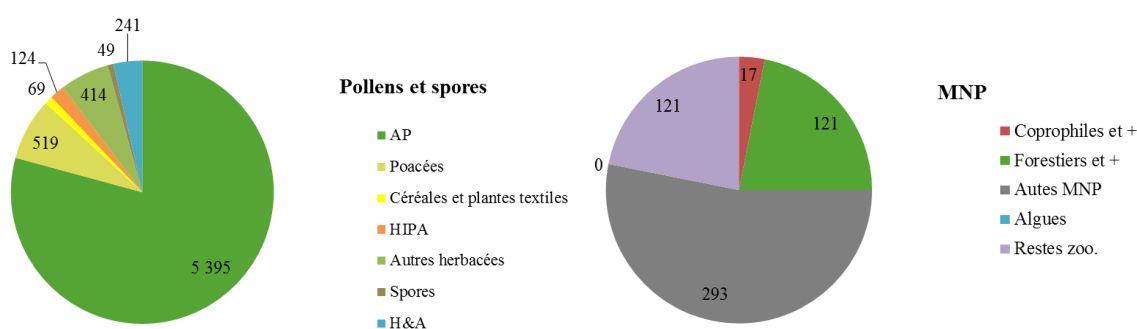
Graphique 2 - Récapitulatif de la zone REM1b (189-177 cm) c. 480 à 580 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM1c (177 à 161cm) c. 580 à 700 cal. AD :

Le rapport AP/T baisse progressivement (de 85% à 80 %) avec particulièrement *Fagus* en parallèle d'une légère augmentation de *Abies*, *Betula*, *Carpinus* et une présence faible mais continue de *Juniperus communis*-type et *Taxus baccata*. On note une augmentation de *Picea*, *Alnus*, *Pinus* (pic à 171 cm) et *Fraxinus* (face à une baisse de *Salix*) puis *Picea* montre une nouvelle baisse en fin de zone ainsi que *Alnus*, *Fraxinus*, *Ulmus* et *Corylus*. Une courbe de *Secale cereale* réapparaît faiblement et la courbe de *Cerealialia*-type chute vers 166 cm en parallèle d'un pic de *Cannabis sativa*-type. En début de zone, la courbe des Poaceae baisse puis augmente de façon légère et croissante. On note une chute drastique de la courbe des autres HIPA avec une quasi disparition de *Plantago lanceolata*-type, une présence faible de *Rumex acetosa*-type et *Artemisia*. Les autres herbacées augmentent légèrement en fin de zone avec une présence plus importante de Ranunculaceae, Scrophulariaceae, et des pics de Liliaceae, *Filipendula*,

Rosaceae et Asteraceae *sf.* Asteroideae. Les Cyperaceae sont faiblement représentées en début de zone puis augmentent, associées à un pic de *Potamogeton*-type en fin de zone. Les spores observent une chute générale.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles reprennent légèrement (première apparition d'un pic de *Sporormiella* suivi de *Sordaria* et *Chaetomium* puis *Podospora* et *Delitschia*). Les MNP saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers sont peu représentés (alternance entre *Kretzschmaria deusta* en début de zone et *Trichocladium sp.* et *Triposporium elegans* en fin de zone). On note des occurrences de HdV-200 associées à un pic de *Glomus sp.* en fin de zone. *Spirogyra* est la seule algue représentée, uniquement en début de zone. Les restes zoologiques chutent en fin de zone et montrent une alternance d'abondance de LCE-11 dont les baisses sont associées à des pics de cf. *Gyratrix hermaphroditus* en début de zone et de Chironomideae en fin de zone.



Graphique 3 - Récapitulatif de la zone REM1c (177 à 161cm) c. 580 à 700 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

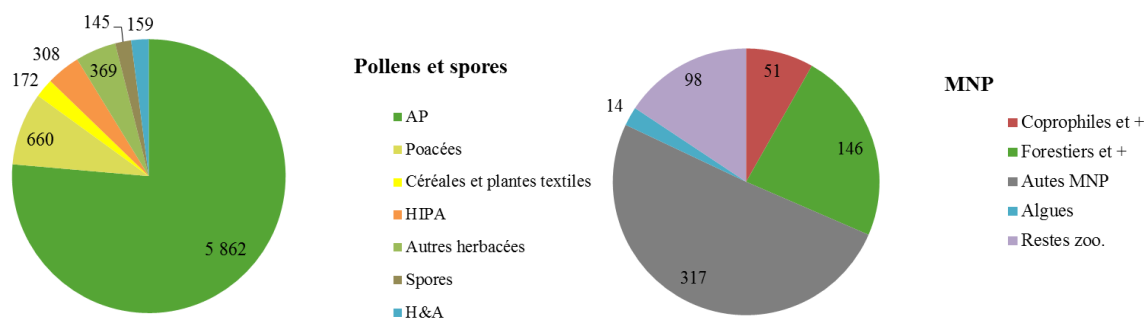
REM 2 (161-137 cm) c. 700-930 cal. AD

REM2a (161- 147cm) c. 700 à 830 cal. AD :

Le rapport AP/T se stabilise à $\pm 80\%$ avec une légère hausse vers 155 cm due principalement à une hausse de *Corylus* et *Abies* (ainsi que de légers pics de *Fraxinus*, *Ulmus* et *Tilia*). *Fagus*, *Betula*, et *Picea* décroissent en parallèle. Après cette variation, *Fagus sylvatica* entame une nouvelle augmentation, accompagné de pics de *Betula*, *Picea*, *Pinus* et *Carpinus*. Les courbes de *Cerealia*-type et *Cannabis sativa*-type augmentent avec un pic vers 155 cm. La courbe de *Secale cereale* est faible. On note au même moment une baisse des Poaceae et une reprise légère de la courbe générale des autres HIPA avec particulièrement *Plantago lanceolata* -type puis *Rumex acetosa*-type. Les autres herbacées montrent une faible représentation avec, en début de zone, une baisse des Ranunculaceae et des Scrophulariaceae et la disparition de la courbe des Ericaceae. Après une baisse, les Cyperaceae augmentent légèrement, elles sont accompagnées de pics d'*Equisetum* et *Callitriche*. Les spores sont en hausse avec une alternance entre les spores monolètes et les spores trilètes.

Parallèlement à la hausse des céréales et *Cannabis sativa*-type, on voit une baisse générale différents MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles avec *Sordaria* qui maintient des taux faibles mais en continu et un léger pic de *Cercophora*. En fin de zone, quelques occurrences de *Sporormiella*, *Delitschia* font augmenter l'abondance globale. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers sont en chute en début de zone puis reprennent avec

principalement *Kretzchmaria deusta*, *Trichocladium* sp. et *Asterosporium asterospermum*. Ces variations sont similaires dans les autres MNP où on note seulement en fin de zone la présence de TM-O, HdV-200, *Valsaria variospora* et *Helicoon pluriseptatum*. La courbe des algues est toujours faible avec uniquement *Spirogyra*. Les restes zoologiques sont en baisse puis en augmentation avec des pic de cf. *Gyratrix hermaphroditus* en début de zone, une alternance d'abondance de LCE-11 et une courbe continue de *Alona rustica*.

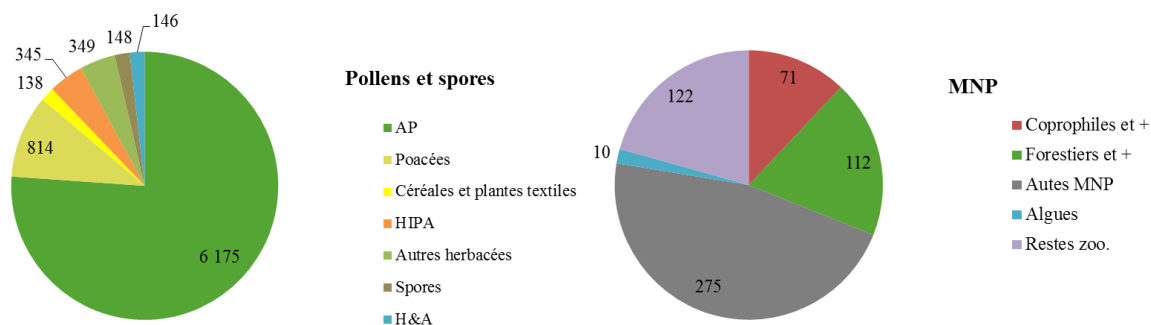


Graphique 4 - Récapitulatif de la zone REM2a (161-147cm) c. 700 à 830 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM2b (147-137cm) c. 830 à 930 cal. AD :

Le rapport AP/T reste stable et important (± 80 %). *Fagus* continu sa progression (jusqu'à 40 % vers 141 cm). La courbe de *Carpinus* chute. Les courbes d'*Abies*, *Alnus*, *Fraxinus* et *Corylus* sont régulières. En fin de zone, *Betula*, *Picea*, *Salix* augmentent alors que *Quercus* diminue. La courbe du total des céréales et plantes textiles baisse avec une chute de *Cannabis sativa*-type en début de zone en parallèle d'une légère augmentation de *Secale cereale*. À l'inverse, en fin de zone, on note une baisse des céréales et un pic de *Cannabis sativa*-type. La courbe des Poaceae, après avoir augmenté, devient régulière mais toujours faible. Après une légère augmentation des autres HIPA (pics de *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type, Urticaceae, Chenopodiaceae et première occurrence de *Centaurea cyanus*), on note une nouvelle baisse générale avec présence plus importante de *Plantago major-media*-type et un pic de *Papaver rhoeas*-type. Les autres herbacées augmentent avec la réapparition de la courbe des Ericaceae. En parallèle, la courbe des Cyperaceae est en baisse croissante tandis que les spores sont augmentation.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles sont en baisse en début de zone (Présence de *Cercophora*) puis montrent une nouvelle hausse en fin de zone avec des pics de *Sporomiella*, *Apiosordaria* sp. *verruculosa*, *Coniochaeta* cf. *ligniaria*. On note la présence de *Delitschia* sp. sur toute la zone. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers augmentent en fin de zone et montrent une alternance entre des assemblages de *Kretzchmaria deusta*, *Asterosporium asterospermum* en et *Trichocladium* sp., *Triposporium elegans*, *Asterosporium asterospermum*. On note une augmentation des Coniochaetae/Xylariaceae. Chez les autres MNP, on note une occurrence de TM-O et l'apparition de cf. *Scleroderma* en fin de zone ainsi que la présence continue de HdV-200 et de pics de *Glomus* sp. Les algues sont en présence faible avec *Spirogyra* en début de zone suivi de *Mougeotia* sp. et *Pediastrum* cf. *Boryanum*. Les restes zoologiques sont faibles et on note une baisse de LCE-11 en début de zone concomitante à des occurrences de cf. *Gyratrix hermaphroditus* et cf. *Micodalyellia armigera*. Enfin, on voit l'apparition de sclérites de Nymphaeaceae en fin de zone.



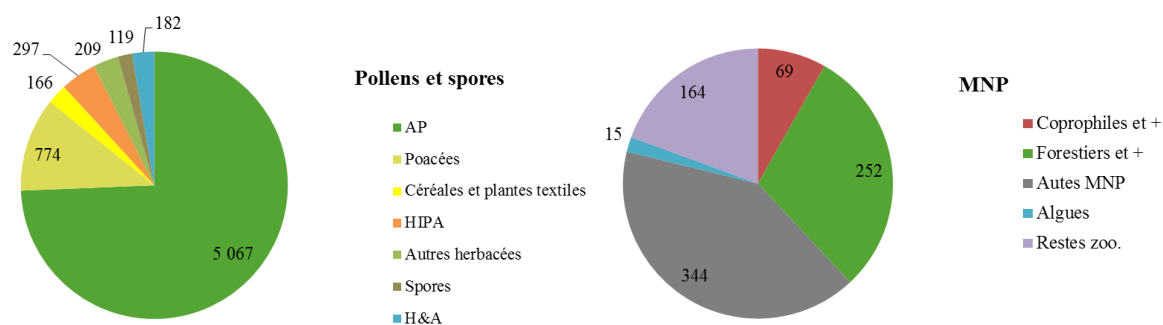
Graphique 5 - Récapitulatif de la zone REM2b (147-137cm) c. 830 à 930 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 3 (137-121 cm) c. 930-1070 cal. AD

REM 3a (137- 128 cm) c. 930 à 1010 cal. AD :

Le rapport AP/T baisse légèrement avec une concurrence entre *Fagus sylvatica*, *Abies* et *Picea* mais une légère augmentation d' *Alnus*, *Carpinus*, *Betula* et *Corylus*. On observe une légère augmentation des céréales et plantes textiles avec une dominance de *Cerealia*-type et des fluctuations de pics de *Secale cereale* et *Cannabis sativa*-type. Les autres HIPAs montrent des variations avec particulièrement une hausse de *Plantago lanceolata*-type, *Chenopodiaceae* et *Plantago major-media*-type suivi d'un pic de *Rumex acetosa*-type en début de zone. En fin de zone, un recul global est manifeste. Les autres herbacées montrent toujours de faibles valeurs et les *Cyperaceae* augmentent légèrement avec des occurrences de *Sparganium*-type, *Alisma*-type, *Potamogeton*-type et *Equisetum*. On note l'apparition de *Butomus umbellatus*, *Rumex aquaticus* et *Nymphaea*. Les spores sont en baisse.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles montrent une légère augmentation générale et une diversité plus importante (*Sordaria*, *Sporormiella*, *Delitschia*, *Cercophora*, *Coniochaeta* cf. *lignaria*, *Apiosordaria verruculosa*, *Gelasinospora*, *Arnium* et *Chaetomium* et apparition de *Rythidospora* cf. *tetraspora*). Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers sont en hausse importante avec une dominance de *Trichocladium* sp. mais une légère baisse de *Kretzschmaria deusta*. Là aussi, la diversité est en hausse avec des occurrences de *Tripodosporium elegans*, *Asterosporium asterospermum*. Apparition de cf. *Trichocladium englandense*, *Cirrenalia* sp., cf. *Endophragmia/Phragmocephala* sp., TM-4098, *Brachysporium obovatum*, TM-037C, TM-4014, TM-4107, cf. *Trichocladium achrasporum*, cf. HdV-493, cf. *Bactrodesmium*. Les *Coniochaetae/Xylariaceae* fluctuent avec une tendance à la hausse. Chez les autres MNP, on note une augmentation de la diversité avec l'apparition d'occurrences de HdV-351 (milieux ouverts) ; cf. *Xylomyces*, l'apparition de pics de *Arthrrium* cf. *puccinoides* accompagné de *Clasterosporium carcinium*, cf. *Sporidesmium/Clasterosporium*. Chez les algues, malgré une courbe faible où *Spirogyra* est dominante, *Botryococcus* apparaît. Les restes zoologiques sont en hausse légère avec pour uniques représentants les cladocères (Arrivée de *Cladocera* indif., présence de LCE-11 et occurrence de *Alona rustica*).

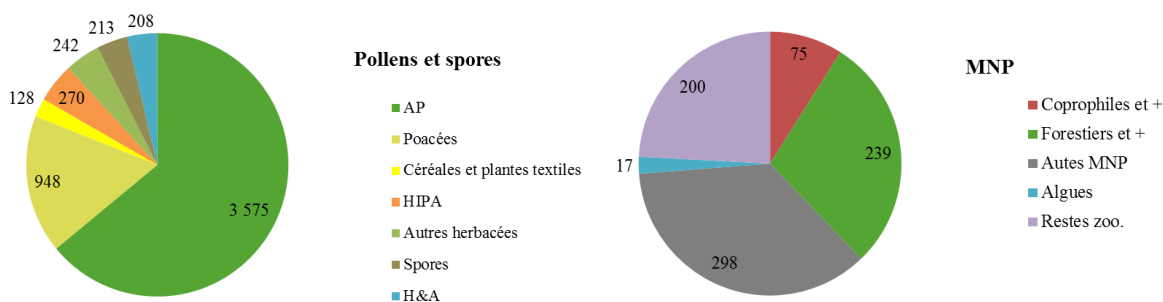


Graphique 6 - Récapitulatif de la zone REM 3a (137- 128 cm) c. 930 à 1010 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 3b (128-121 cm) c. 1010 à 1070 cal. AD :

Le rapport AP/T est en régression (de ± 80 à ± 70 %) principalement à cause d'un recul de *Fagus* (en concurrence avec *Abies*) et à une baisse légère de *Alnus* et *Carpinus*. Les courbes de *Betula*, *Quercus* et *Corylus* tendent à la hausse. Le total des céréales et plantes textiles se maintient mais présente une baisse de *Cerealia*-type parallèle à une hausse de *Cannabis sativa*-type. *Secale cereale* augmente en fin de zone. Les autres HIPA augmentent légèrement et sont dominés par *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type, *Artemisia*, *Plantago major-media* -type, Urticaceae, Chenopodiaceae et des occurrences de *Centaurea cyanus*. On note une baisse générale en fin de zone. Les autres herbacées, toujours en valeurs faibles montrent particulièrement une baisse des Ranunculaceae, une réapparition des *Asteraceae* sf. *Cichorioideae* et un pic d'Ericaceae. La phase se caractérise par une hausse des Cyperaceae et des autres hygrophiles et aquatiques ainsi qu'une légère augmentation des spores.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles montrent des valeurs assez faibles, seuls *Sordaria*, *Cercophora* et *Gelasinospora* sont présents en continu et on note la disparition de *Arnium*, *Rythidospora* cf. *tetraspora* et l'apparition de HdV-729. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers sont en chute en début de zone puis on observe un pic important dominé par *Trichocladium* sp. On observe chez les autres MNP, une persistance de HdV-351, la réapparition de HdV-200 associé à cf. *Xylomyces* et une chute d'*Arthrrium* cf. *puccinoides*. Les algues régressent légèrement en début de zone (quelques occurrences de *Spirogyra* et *Botryococcus*). Les restes zoologiques sont en hausse avec particulièrement une augmentation de LCE-11, on note l'apparition de *Fillinia* sp.

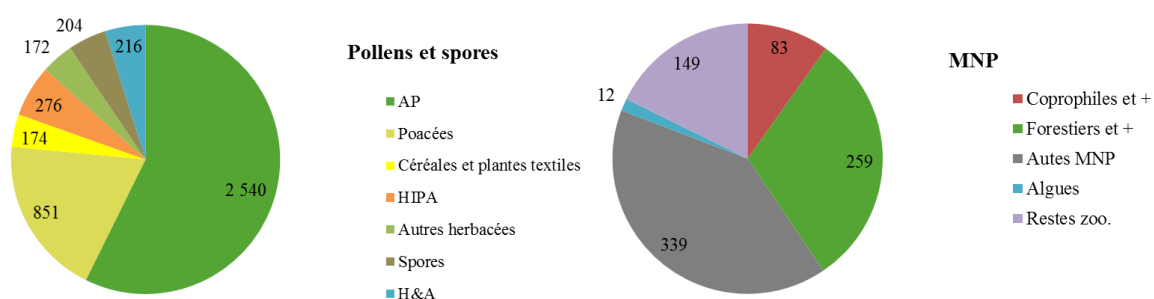


Graphique 7 - Récapitulatif de la zone REM 3b (128-121 cm) c. 1010 à 1070 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 4 (121-104 cm) c. 1070-1240 cal. AD**REM 4a (121-113 cm) c. 1070 à 1150 cal. AD :**

Bien qu'irrégulier, le rapport AP/T continue sa régression avec *Fagus*, *Betula*, *Carpinus*, *Alnus*, *Corylus*. Les courbes d'*Abies* et *Picea* montrent une légère augmentation. La courbe de *Pinus* est relativement faible et stable. On note une légère augmentation des céréales et plantes à vocation textiles avec cependant des irrégularités (baisse de *Cannabis sativa*-type en milieu de zone et faibles taux de *Secale cereale*). Suite à une hausse, la courbe des Poaceae reste relativement stable. Les autres HIPA ont une tendance à la hausse et présentent une plus grande diversité (baisse en milieu de zone de *Plantago lanceolata* -type, *Artemisia* ; présence de *Plantago major-media*-type, Urticaceae, Chenopodiaceae et présence régulière de *Trifolium repens*-type). Les autres herbacées montrent des valeurs toujours faibles avec une chute des Ranunculaceae. Les valeurs de Cyperaceae sont stables et les spores augmentent en fin de zone.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles restent relativement peu abondants. On note une baisse puis une chute de *Sordaria* ainsi qu'une baisse de *Cercophora* et la disparition de *Podospora* et *Sporormiella* en milieu de zone. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers sont en hausse avec *Trichocladium* sp. qui atteint ici ses valeurs maximales. Chez les autres MNP, *Glomus* est toujours présent de façon sporadique et on observe un cortège composé de taxons potentiellement liés à l'ouverture du milieu (HdV-351, TM-O, cf. *Scleroderma* sp.). La diversité générale augmente avec notamment l'apparition de *Urocystis* cf. *agropyri* et *Diporotheca rhizophila* qui débutent une présence régulière. Les faibles valeurs d'algues montrent une alternance de *Spirogyra* et *Botryococcus*. On observe une chute des restes zoologiques principalement due à une baisse de LCE-11. La diversité augmente toutefois.



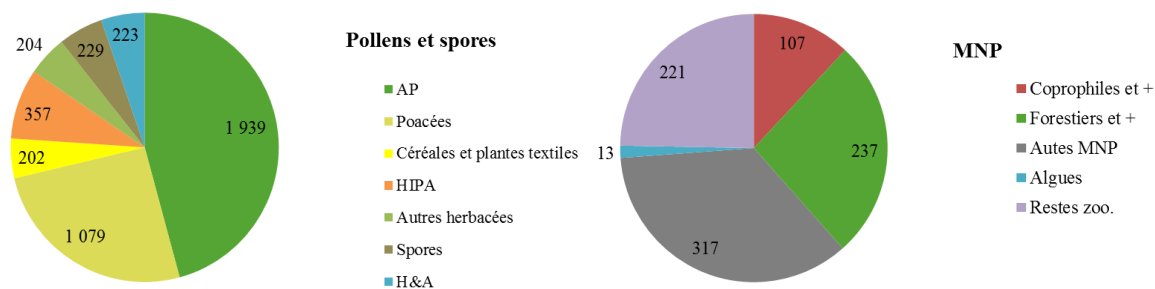
Graphique 8 - Récapitulatif de la zone REM 4a (121-113 cm) c. 1070 à 1150 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 4b (113 à 104 cm) c. 1150 à 1240 cal. AD :

Cette phase se caractérise par une chute drastique du rapport AP/T (55 % en moyenne et atteint 45 % à 104,5 cm) où *Fagus* continue de chuter. On observe une concurrence entre *Picea*, *Abies* et *Corylus*. *Betula* baisse et on voit une *quasi* disparition de *Carpinus*. En parallèle, on voit l'augmentation des céréales et plantes à vocation textiles (jusqu'à 10%) avec dominance de *Cannabis sativa*-type. Les courbes de *Secale cereale* et *Cereal*-type sont plus régulières. En fin de zone, on remarque une légère déprise générale marquée par une augmentation des Poaceae. La courbe des autres HIPA augmente légèrement et reste régulière (10%) avec une légère hausse de *Plantago lanceolata*-type, *Rumex*,

Artemisia, *Plantago major-media*-type, *Chenopodiaceae*, *Papaver rhoeas*-type et toujours une présence régulière de *Trifolium repens*-type. De façon générale, on observe une plus grande diversité des taxons avec toutefois une baisse des *Urticaceae*. Les autres herbacées restent faibles mais on note un cortège différent avec des taux plus importants de *Brassicaceae*, *Rubiaceae*, *Sanguisorba minor*, *Asteraceae* sf. *Cichorioideae*, *Ericaceae*. Les hygrophiles et aquatiques baissent particulièrement en milieu de zone et les spores montrent une hausse importante en début de zone avec un accroissement particulier des spores trilètes.

Des pics importants de MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles sont observés en début et fin de zone. *Sordaria* reprend de façon importante et on voit une présence plus forte de *Sporormiella* ainsi qu'une présence continue d'*Apiosordaria verruculosa*. *Chaetomium* disparaît. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers ont toujours de fortes valeurs. On note une reprise de *Kretzschmaria deusta* et une chute de *Trichocladium* sp. en milieu de zone. De plus, la zone se caractérise par une grande diversité des taxons. Chez les autres MNP, *Glomus* sp. atteint ses valeurs maximales. On observe une baisse significative des algues dont particulièrement *Spirogyra* et *Botryococcus* sp. En milieu de zone, une phase à *Pediastrum* cf. *boryanum* est visible. Les restes zoologiques sont en hausse.



Graphique 9 - Récapitulatif de la zone REM 4b (113 à 104 cm) c. 1150 à 1240 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

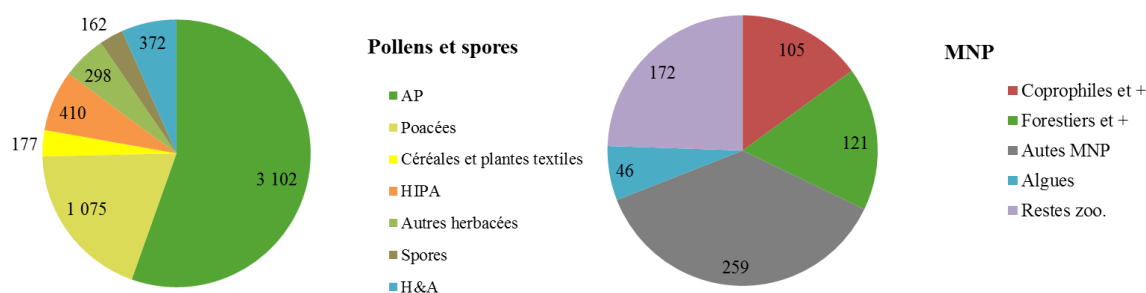
REM 5 (104-74 cm) c. 1240-1510 cal. AD

REM 5a (104 à 95 cm) c. 1240-1320 cal. AD :

Le rapport AP/T est en augmentation croissante et rapide surtout en raison de la hausse des courbes de *Corylus*, *Juniperus communis*-type et *Quercus*, à une hausse légère de *Betula* et *Carpinus* et en fin de zone, à des pics de *Abies* et *Alnus*. La courbe générale des céréales et plantes textiles est en baisse mais régulière (chute en toute fin de zone.) et est caractérisée par une alternance : en début de zone, baisse de *Cerealia* -type et *Secale cereale* et hausse de *Cannabis sativa*-type ; en fin de zone, baisse de *Cannabis sativa*-type et accroissement de *Cerealia* -type. La courbe de *Poaceae* est en chute croissante sur toute la zone. On observe une décroissance de la courbe des autres HIPA avec une diminution progressive de *Rumex acetosa* -type, *Artemisia*, une baisse de *Plantago lanceolata*-type en début de zone qui reprend légèrement par la suite. En parallèle, on voit un accroissement de *Plantago major-media*-type et *Urticaceae* en milieu de zone. Les autres herbacées sont faibles avec une chute des *Ranunculaceae* et une présence plus importante de *Rubiaceae*, *Asteraceae* sf. *Asteroideae*, *Asteraceae* sf. *Cichorioideae*, *Lamiaceae* et *Ericaceae*. Les hygrophiles et aquatiques sont en hausse avec particulièrement les

Cyperaceae et *Sparganium* et une présence plus importante de *Alisma*-type, *Potamogeton*, *Equisetum* tandis que les spores sont en baisse croissante.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles montrent en début de zone, une chute importante de *Sordaria* et la disparition de *Podospora* ; de légères occurrences de *Sporormiella*, *Delitschia*, *Cercophora*, *Apiosordaria verruculosa*, *Arnium* et *Chaetomium* subsistent. En fin de zone, un pic est associé à une reprise de *Sordaria*, *Podospora*, *Sporormiella* et une présence plus marquée de *Delitschia*, *Cercophora*, *Coniochaeta* cf. *ligniaria*, *Apiosordaria verruculosa*. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers sont en baisse croissante. *Kretzschmaria deusta* entame une phase de chute, en parallèle de pics de *Trichocladium* sp. et *Endophragmiella* sp. en début de zone. On note une baisse globale dans l'abondance et la diversité. On observe de plus une chute des Coniochaetaceae/Xylariaceae indif. Les autres MNP sont en baisse. On voit une légère occurrence de *Glomus* sp. en milieu de zone et un cortège en début de zone dominé par un pic de *Arthirium* cf. *puccinioides* associé à *Clasterosporium caricinum*, cf. *Sporidesmium/Clasterosporium*, potentiels indicateurs de zones humides. Les occurrences d'algues sont plus importantes avec la présence de *Spirogyra*, un pic de *Botryococcus* et des occurrences de *Pediastrum* cf. *boryanum* en fin de phase. Les restes zoologiques montrent une décroissance en fin de zone mais une présence continue de LCE-11 et *Filinia* sp.



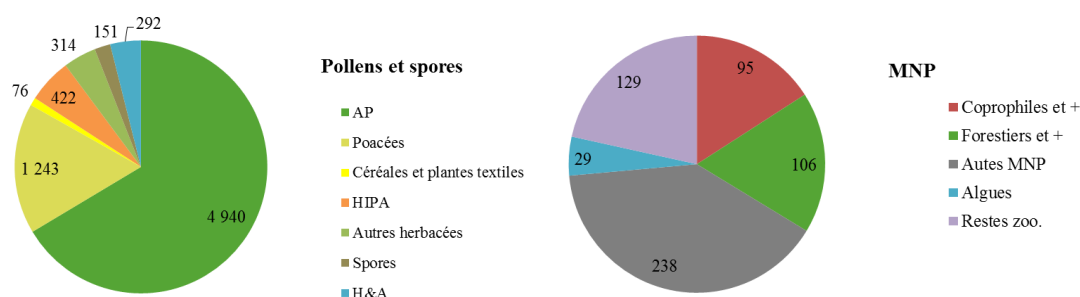
Graphique 10 - Récapitulatif de la zone REM 5a (104 à 95 cm) c. 1240-1320 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 5b (95 à 83 cm) c. 1320-1430 cal. AD :

Cette zone se caractérise par la suite puis l'apogée de la reprise des arbres et arbustes entamée précédemment malgré de petites chutes en début et fin de zone. Le rapport AP/T atteint 83% à 86,5 cm principalement dû à un pic de *Corylus* (20%) ; *Pinus*, *Carpinus*, *Betula*, *Quercus*, *Juniperus communis*-type accompagnent cette augmentation. Les courbes de *Fagus sylvatica* et *Picea* sont irrégulières et on observe une chute d'*Abies*. La courbe des céréales et plantes textiles est stable ($\pm 5\%$) encadrée de deux reculs ; *Cannabis sativa*-type est légèrement dominant. On note une diminution progressive de *Cerealia*-type ; *Secale cereale* chute à 86,5 cm juste avant l'apparition de *Linum*. On note d'importantes fluctuations dans la courbe des Poaceae avec deux chutes principales (92,5 et 86,5 cm). Les autres HIPA sont en baisse globale avec une légère reprise en toute fin de zone. *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type, *Artemisia*, *Plantago major-media* -type, *Urticaceae*, *Plantago major-media*, *Chenopodiaceae* baissent sensiblement et on note une présence régulière de *Trifolium repens*-type. Les autres herbacées restent faibles avec une augmentation de plusieurs taxons en début de zone (*Scrophulariaceae*, *Apiaceae*, *Rubiaceae*, *Liliaceae*, *Asteraceae* sf. *Asteroideae*, *Asteraceae* sf. *Cichorioideae*) et une baisse des *Ranunculaceae*. Puis, en toute fin de zone, on observe une reprise avec

des pics de Ranunculaceae, Scrophulariaceae, Apiaceae et l'apparition de *Sanguisorba officinalis*. Les hygrophiles et aquatiques augmentent en début de zone avec les Cyperaceae et des occurrences de *Typha latifolia* puis baissent en fin de zone. Les spores ont des valeurs faibles.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles sont en baisse globale surtout en début de zone. En milieu de zone, on constate une reprise de *Sordaria*, accompagné de *Podospora*, *Cercophora*, *Coniochaeta* cf. *lignaria*, *Apiosordaria* et *Chaetomium* et en fin de zone, une reprise de *Sporormiella*. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers continuent leur régression entamée précédemment (excepté pour TM-4014 et cf. *Trichocladium achrasporum* qui augmentent). On note la *quasi* disparition de *Endophragmiella* sp. Pour les autres MNP, *Glomus* sp. a disparu. Certaines courbes s'arrêtent (HdV-351 ; HdV-200). *Arthrrium* cf. *puccinioides* est particulièrement bien développé. Les algues voient une baisse de *Spirogyra* et l'apparition importante de LCE-07 et les restes zoologiques chutent en début et fin de zone avec des fluctuations importantes de LCE-11.



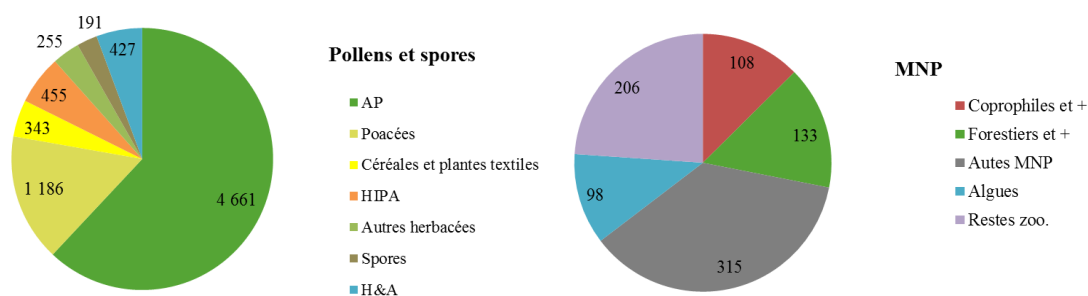
Graphique 11 - Récapitulatif de la zone REM 5b (95 à 83 cm) c. 1320-1430 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 5c (83 à 74 cm) c. 1430-1510 cal. AD :

Le rapport AP/T baisse mais conserve des valeurs assez importantes ($\pm 70\%$). *Corylus* est toujours dominant, accompagné de la concurrence de *Fagus*, *Abies* et *Picea* et d'une nouvelle hausse de *Carpinus*. *Alnus* est en baisse. On observe une présence faible puis un accroissement important des céréales et plantes textiles à partir de 80 cm avec un pic de *Cerealia* -type (5%) associé à un léger pic de *Secale cereale* et suivi d'une hausse de *Cannabis sativa*-type. La courbe des Poaceae est stable. La courbe générale des HIPA est stable mais on voit en milieu de zone une phase où *Plantago lanceolata*-type et les Chenopodiaceae chutent en parallèle d'une hausse de *Rumex acetosa*-type, *Plantago major-media*-type, Urticaceae. Sur toute la zone, on note la disparition de *Papaver rhoeas*-type et la présence continue de *Trifolium repens*-type. Les autres herbacées sont plus importantes en début de zone (augmentation de *Potentilla* -type et Asteraceae cf. Cichorioideae) puis chutent en fin de zone (reprise des Ranunculaceae, Scrophulariaceae, Apiaceae. Asteraceae sf. Asteroideae). Les hygrophiles et aquatiques, avec particulièrement les Cyperaceae, sont en légère hausse croissante. Les spores augmentent légèrement avec une concurrence entre les monolètes et trilètes.

Pour les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles, le début de zone est caractérisé par un pic où l'on observe un cortège composé de *Sordaria*, *Sporormiella*, *Delitschia*, *Cercophora*, *Coniochaeta* cf. *lignaria*, *Apiosordaria*, *Gelasinispota*, *Arnium*, *Chaetomium* et *Rythidospora* cf. *tetraspora*. En fin de zone, le total baisse, *Sporormiella* disparaît en parallèle d'une légère hausse de *Podospora* et d'une persistance de *Sordaria*. Les saprophytes et parasites des arbres,

arbustes et substrats forestiers observent la même tendance où en début de zone, on note une reprise légère de *Kretzchmaria deusta* et *Trichocladium* sp. Le constat est le même pour les Coniochaetae/Xylariaceae indif. Chez les autres MNP, on note le retour de quelques occurrences de *Glomus* sp. et une abondance globale plus élevée en début de zone. Les algues montrent au même moment un pic important dû à *Botryococcus*, LCE-07 et *Pediastrum* cf. *boryanum* et les restes zoologiques suivent la même tendance avec en début de zone des pics de LCE-11, *Alona rustica* et *Cladocera* indif.



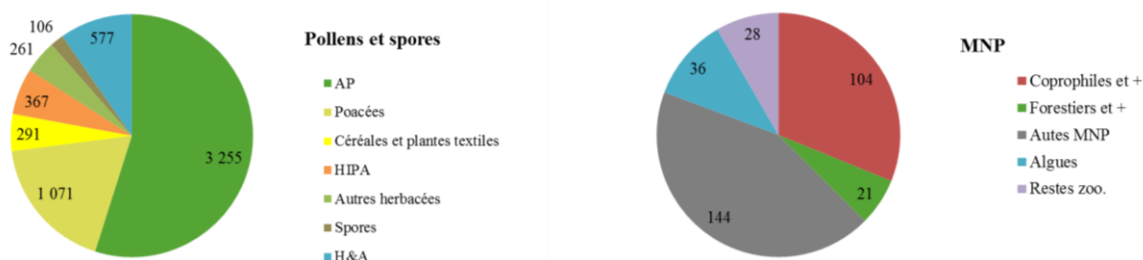
Graphique 12 - Récapitulatif de la zone REM 5c (83 à 74 cm) c. 1430-1510 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 6 (74-51 cm) c. 1510-1720 cal. AD

REM 6a (74-64 cm) c. 1510-1600 cal. AD:

Le rapport AP/T reste à plus de 50 %. *Fagus*, *Abies*, *Carpinus*, *Pinus*, *Alnus* baissent en début de zone. À l'inverse, *Quercus*, *Corylus*, *Juniperus communis*-type, *Betula*, *Castanea* et *Juglans* augmentent. En fin de zone (64-66 cm soit vers 1600 cal. AD), on observe un pic d'*Alnus*, *Pinus* et une baisse de *Corylus*. Les céréales et plantes textiles ont des courbes irrégulières. *Cerealia* -type chute en début et fin de zone et on note une légère baisse croissante de *Cannabis sativa*-type. Les Poaceae augmentent à partir du milieu de la zone. On voit une légère augmentation des autres HIPA avec toutefois des baisses en milieu et fin de zone. La diversité accroît. Les autres herbacées augmentent en fin de zone (*Ranunculaceae*, *Sanguisorba minor*). On remarque une chute des *Brassicaceae*. Après une phase de stabilité, les hygrophiles et aquatiques augmentent avec les *Cyperaceae* et une présence de *Sparganium*-type et *Potamogeton*-type. À l'inverse les spores baissent en fin de zone.

Chez les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles, la zone se caractérise par un pic en fin de zone. *Sordaria*, *Sporormiella* sont dominants. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers poursuivent leur baisse globale (abondance et diversité). En début de zone, les autres MNP sont plus présents avec un léger pic de *Glomus* sp. Les algues montrent une hausse de *Spirogyra*. Chez les restes zoologiques, on note la présence soulignée de cf. *Gyratrix hermaphroditus* sur toute la zone. La courbe de LCE-11 baisse puis disparaît (avec quelques rares occurrences) faisant chuter le total. On observe la présence continue de restes végétaux avec particulièrement des sclérites de *Nymphaeaceae* et des occurrences de *Ceratophyllum* sp.

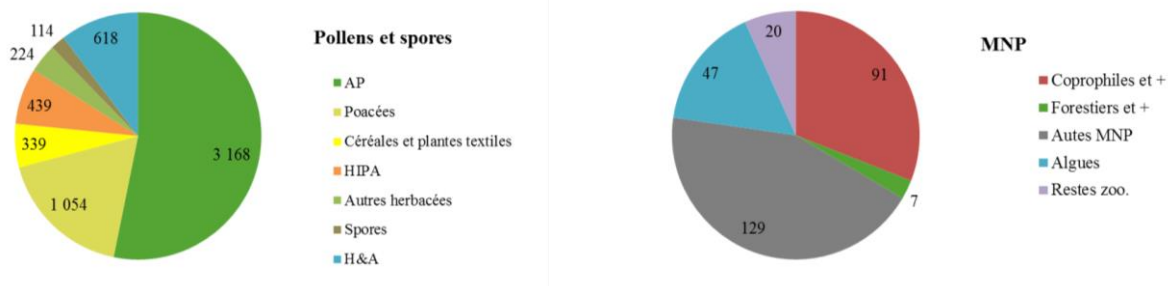


Graphique 13 - Récapitulatif de la zone REM 6a (74-64 cm) c. 1510-1600 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 6b (64-59 cm) c. 1600-1650 cal. AD :

La zone se caractérise par une baisse du rapport AP/T induite majoritairement par la baisse de *Corylus*. En parallèle, les courbes de *Fagus*, *Picea* ainsi que *Fraxinus* sont en légère hausse. On remarque une hausse des taux de *Cerealia*-type et *Cannabis sativa*-type en parallèle d'une baisse de *Secale cereale* et une augmentation des Poaceae. Les autres HIPA sont en légère augmentation avec *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type, *Artemisia*, *Plantago major-media*, Urticaceae. Les autres herbacées sont relativement stables. La courbe des hygrophiles et aquatiques est relativement stable mais montre une légère baisse des Cyperaceae, une hausse de *Sparganium*-type et présence plus importante de *Equisetum*.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles sont en hausse avec des pics en début de zone de *Sordaria* puis baisse légère et une hausse générale de *Sporormiella*. On remarque des occurrences régulières de *Cercophora*. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers ont quasiment disparu, seule *Kretzschmaria deusta* est représentée. Chez les autres MNP, on remarque un pic de HdV-200 et des occurrences de cf. *Xylomyces* en fin de zone. De façon générale, les valeurs globales sont en baisse. Les algues sont en hausse avec *Spirogyra*, une présence régulière de *Botryococcus*. Les restes zoologiques ont quasiment disparu. La courbe des restes végétaux s'arrête aussi.



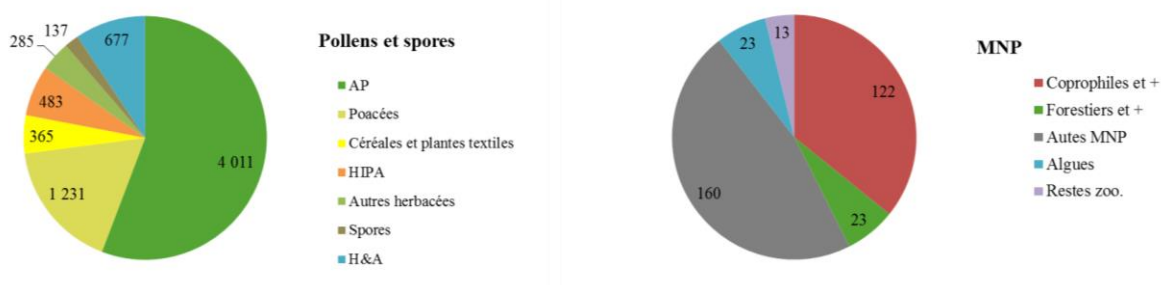
Graphique 14 - Récapitulatif de la zone REM 6b (64-59 cm) c. 1600-1650 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 6c (59-51cm) c. 1650-1720 cal. AD :

En début de zone, on observe une hausse du rapport AP/T. *Corylus* est dominant. *Fagus*, *Pinus*, *Abies*, *Carpinus* augmentent au détriment de *Betula*, *Alnus*, *Fraxinus*. En fin de zone, certains arbres reculent à nouveau (*Fagus*, *Abies*, *Quercus*, *Corylus*) tandis que *Betula* et *Carpinus* augmentent légèrement. La zone se caractérise par une chute de toutes les céréales et plantes textiles en début de zone puis une reprise de *Cerealia*-type et *Cannabis sativa*-type. La courbe des Poaceae et les autres HIPA suivent la

même tendance (en début de zone, baisse de *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosa*-type, *Plantago major-media*-type, Urticaceae puis en milieu de zone, reprise de *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type, Urticaceae, Chenopodiaceae. En fin de zone, hausse de *Plantago major-media*, *Papaver rhoeas*-type). Chez les autres herbacées, la courbe des Ranunculaceae est irrégulière et on note une reprise légère des Ericaceae. Les hygrophiles et aquatiques chutent après un pic en début de zone. Les spores ne subissent pas de variations particulières.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles montrent une baisse en milieu de zone. En début de zone *Sordaria* est majoritaire puis baisse à l'inverse de *Sporormiella*. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers reviennent légèrement en début de zone (*Kretzschmaria deusta* avec occurrences de *Trichocladium* sp., *Endophragmiella* sp. en début de zone). Chez les autres MNP, on note une baisse de HdV-200 en parallèle d'une hausse de *Clasterosporium caricinum* et *Arthirium* cf. *puccinioides* en début de zone. Les algues et restes zoologiques sont très faiblement représentés (chute de *Spirogyra* mais une présence régulière de *Botryococcus*).



Graphique 15 - Récapitulatif de la zone REM 6c (59-51cm) c. 1650-1720 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

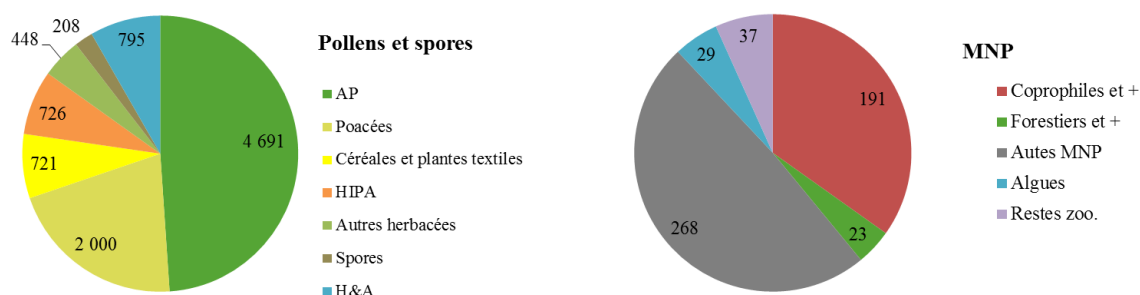
REM 7 (51-20 cm) c. 1720-1900 cal. AD

REM 7a (51-40 cm) c. 1720-1800 cal. AD :

Le rapport AP/T est en baisse avec une réduction des courbes de *Fagus*, *Carpinus*, *Alnus*, *Corylus* et *Juniperus Abies*. On note une augmentation croissante de *Picea*. La zone se caractérise par des valeurs importantes de *Cerealia*-type et *Cannabis sativa*-type (qui atteignent leurs valeurs maximales) avec toutefois une baisse en milieu de zone (45 cm). La courbe de *Secale cereale* est en baisse et on observe, en début de zone, une occurrence de *Linum*. Après une augmentation, la courbe de Poaceae se stabilise. Le taux des autres HIPA est stable. *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type et *Plantago major-media*-type sont bien représentés. On remarque des occurrences régulières de *Trifolium repens*-type, *Centaurea cyanus* et l'apparition de *Convolvulus arvensis*-type. Chez les autres herbacées, les Ranunculaceae montrent une baisse encadrée par deux pics en début et fin de zone ; la courbe des Ericaceae est en baisse. Les hygrophiles et aquatiques augmentent en fin de zone ; on observe une chute de *Sparganium*-type.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles sont bien présents avec une hausse de *Sordaria*, *Sporormiella*, *Podospora* et une présence marquée de *Cercophora* et *Coniochaeta* cf. *lignaria* (en fin de zone). On note l'apparition de *Neurospora crassa*. Une chute globale est cependant évidente en milieu de zone (45 cm). Les autres MNP sont peu représentés. On remarque une persistance de HdV-200, *Clasterosporium caricinum* et *Arthirium* cf. *puccinioides*,

Valsaria variozona, *Urocystis* cf. *agropyri* et *Diporotheca rhizophila*. Les algues montrent de faibles occurrences ainsi que les restes zoologiques (pics de LCE-11 en début et fin de zone).

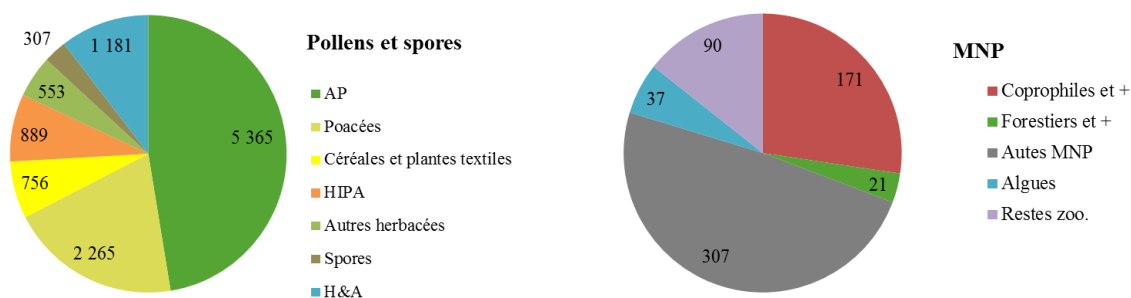


Graphique 16 - Récapitulatif de la zone REM 7a (51-40 cm) c. 1720-1800 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 7b (40-31cm) c. 1800-1840 cal. AD :

Le rapport AP/T est un peu irrégulier. De façon générale, la zone se caractérise par un recul global avec toutefois en début de zone, une tendance à la hausse entraînée par *Picea*, *Pinus* et *Quercus*. Les céréales et le chanvre montrent toujours des valeurs importantes mais avec une tendance à la baisse progressive. On note l'apparition de *Fagopyrum esculentum* en fin de zone. Les autres HIPA sont régulières en début de zone (*Plantago lanceolata*-type et *Rumex acetosa*-type sont en baisse en parallèle d'une phase d'augmentation de *Plantago major-media*-type) puis augmentent en fin de zone (pic de *Artemisia*, *Papaver rhoeas*-type et *Chenopodiaceae* en parallèle d'une disparition des *Urticaceae*). On note une présence plus importante d'*Onobrychis*. Chez les autres herbacées, une hausse de *Sanguisorba minor* s'observe en début de zone puis un pic d'*Asteraceae* sf. *Asteroideae* en fin de zone. Les *Ericaceae* sont en hausse. La zone se caractérise par une augmentation des valeurs d'hygrophiles et aquatiques avec une hausse des *Cyperaceae* et une bonne représentation de *Sparganium*-type et *Equisetum*. Les spores montrent une alternance où en début de zone, les monolètes augmentent puis baissent à la faveur des trilètes.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles, bien présents et variés en début de zone, reculent de façon globale en fin de zone où ne subsistent que *Sordaria*, *Sporormiella*, *Apiosordaria verruculosa* et *Arnium*. Les autres MNP sont peu représentés. *Kretzschmaria deusta* revient légèrement en début de zone et on note quelques occurrences de *Glomus* sp. ainsi qu'une persistance de HdV-200, *Clasterosporium caricinum* et *Arthirium* cf. *puccinioides*, *Valsaria variozona*, *Urocystis* cf. *agropyri* et *Diporotheca rhizophila*. Les algues sont en légère reprise en fin de zone avec *Spirogyra*. On observe une augmentation des restes zoologiques avec particulièrement la présence de pics irréguliers de LCE-11 et une hausse d'*Alona rustica*. La diversité est plus importante (présence de cladocères, rotifères, chironomes...).

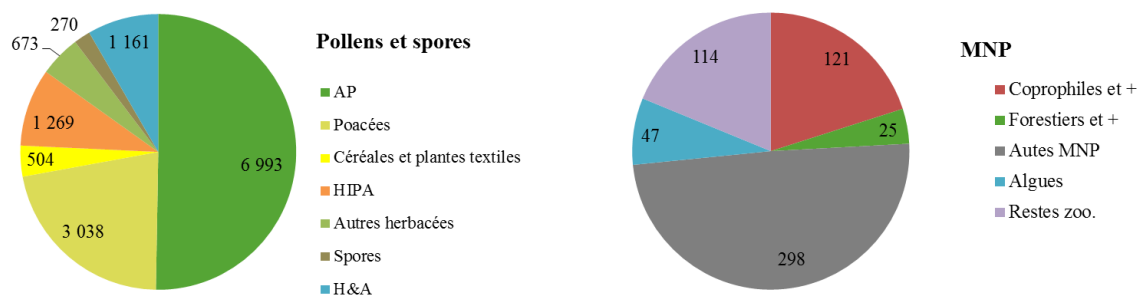


Graphique 17 - Récapitulatif de la zone REM 7b (40-31cm) c. 1800-1840 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 7c (31-20 cm) c. 1840-1900 cal. AD :

La zone se caractérise par un rapport AP/T faible mais irrégulier. En début de zone (26-31cm), on remarque une augmentation ($\pm 60\%$) due principalement à *Fagus*, *Abies*, *Picea*. Vers 24-25 cm, un recul net est manifeste par la chute de *Fagus*, *Abies* puis en fin de zone (20-25 cm), une reprise de *Fagus*, *Quercus*, *Corylus*. Les valeurs de *Picea* atteignent leur maximum dans cette zone. Les valeurs cumulées des céréales et plantes textiles sont en régression croissante. *Cerealia*-type subit une baisse mais reste globalement bien représenté. La courbe de *Cannabis sativa*-type, bien présente en début de zone, chute à partir de 23 cm (soit vers 1880 AD) et garde des taux très bas jusqu'en fin de zone. On observe une nouvelle occurrence de *Fagopyrum esculentum*. La courbe de Poaceae, irrégulière montre une augmentation en milieu de zone encadrée par deux baisses. Les autres HIPA ont des valeurs importantes mais irrégulières. *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type sont bien représentés après une baisse en début de zone. Les autres herbacées sont en légère augmentation autant dans leurs valeurs que leur diversité. Après une chute en début de zone, les Cyperaceae reviennent à des valeurs stables accompagné de pics de *Sparganium*-type en fin de zone. Les spores, à l'inverse, augmentent en début de zone (monolètes) puis décroissent.

La zone manifeste une baisse globale des MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles. On remarque un léger pic de saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers en milieu de zone accompagné de quelques occurrences de *Glomus* sp. Les autres MNP baissent avec toujours une représentation de HdV-200, *Valsaria variospora*, *Urocystis* cf. *agropyri* et *Diporotheca rhizophila*. En milieu de zone, les algues montrent un pic dû à *Spirogyra*. Les restes zoologiques, en hausse en début de zone (LCE-11 et *Alona rustica*), chutent en fin de zone.

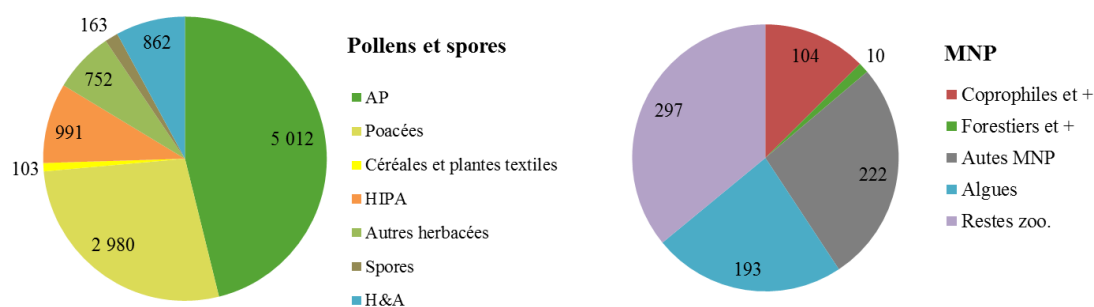


Graphique 18 - Récapitulatif de la zone REM 7c (31-20 cm) c. 1840-1900 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 8 (20-0 cm) c. 1900-2007 cal. AD**REM 8a (20-13,5 cm) c. 1900-1950 cal. AD :**

Le rapport AP/T baisse drastiquement (jusqu'à 45 %) avec une chute particulière de *Picea* et *Abies*. En même temps, *Betula* et *Corylus* augmentent. On note le début de l'ascension de *Fraxinus* ainsi qu'une légère hausse de *Salix*. Les céréales et le chanvre montrent des valeurs basses et décroissantes. *Cerealia*-type présente une courbe faible et discontinue. *Secale cereale* est présent en début de zone puis baisse progressivement. *Cannabis sativa*-type est présent sporadiquement en début de zone (jusqu'à 18 cm, soit vers 1920 cal. AD) puis disparaît quasiment. Les valeurs de Poaceae augmentent fortement (jusqu'à 40% en fin de zone). Chez les HIPA, entre 20 et 15 cm, on observe des valeurs importantes de *Plantago lanceolata*-type, *Artemisia* et une présence de *Papaver rhoeas*-type, *Onobrychis*, *Trifolium repens*-type et *Mentha*-type. Puis, ces taxons baissent en parallèle d'une hausse de *Rumex acetosa*-type, *Plantago major-media*-type et une présence de Urticaceae. Les autres herbacées se caractérisent par une hausse importante des Ranunculaceae, Brassicaceae et Crassulaceae. On observe les premières occurrences d'*Ambrosia artemisiifolia*. Les valeurs d'hygrophiles et aquatiques baissent en fin de zone surtout à cause des Cyperaceae. On observe toutefois une augmentation de *Sparganium*-type ainsi que le début d'une présence importante d'*Alisma*-type en fin de zone. Les spores montrent une chute des monolètes en début de zone en parallèle de pics de trilètes.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles montrent des valeurs en légère hausse en début de zone (*Sordaria*, *Sporormiella*). Quelques occurrences de *Podospora*, *Delitschia* sont plus présentes en fin de zone et on note la disparition d'*Arnium* et *Chaetomium*. Les Coniochaetae/Xylariaceae indif. sont en hausse en début de zone puis chutent en fin de zone. Chez les autres MNP, on note quelques occurrences de *Glomus* sp. et des pics généraux en début de zone puis la disparition de certains types tels que *Arthirium* cf. *puccinoides* et *Urocystis* cf. *agropyri* (fin de zone). Chez les algues, on observe une explosion en fin de zone avec principalement *Pediastrum* cf. *boryanum* associé à des occurrences de *Pediastrum* cf. *orientale*, *Pediastrum* cf. *boryanum* var. *longicorne*, *Pediastrum* cf. *angulosum*. En parallèle, les restes zoologiques montrent une explosion de LCE-11 associé en fin de zone à des pics de *Cladocera* indif., *Alona rustica*, Chironomideae indif. et des occurrences de *Filinia* sp. et Rotifères indif.

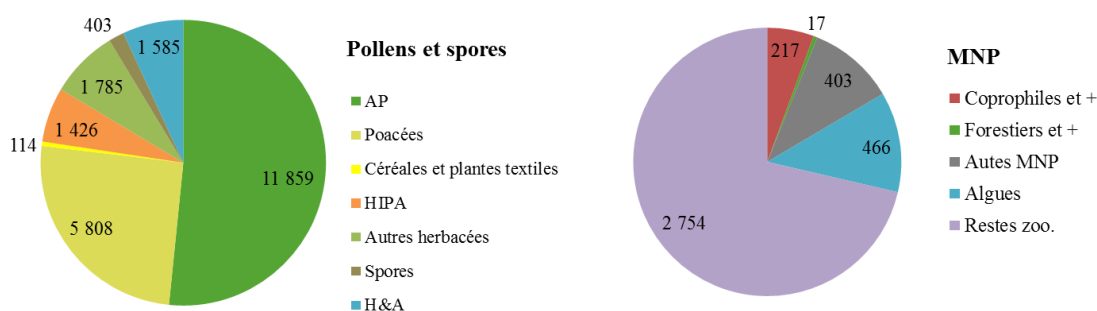


Graphique 19 - Récapitulatif de la zone REM 8a (20-13,5 cm) c. 1900-1950 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 8b (13,5-3 cm) c. 1950-1995 cal. AD :

Cette zone se caractérise par des oscillations du rapport AP/T avec une tendance à la hausse. *Picea* montre de fortes variations. On observe une hausse de *Fagus*, *Pinus*, *Carpinus* et *Fraxinus*. *Corylus* augmente légèrement en début de zone puis se stabilise alors que *Juniperus* et *Quercus* reculent. Les céréales et plantes textiles sont très faiblement représentées. *Cannabis sativa*-type a totalement disparu. La courbe de *Cerealia* -type est très faible (un pic vers 6 cm soit vers 1985 AD) et après ce pic, *Secale cereale* disparaît. On note l'apparition d'occurrences de *Zea mays* en fin de zone. Les Poaceae baissent légèrement en début de zone puis remontent progressivement. À l'inverse, les valeurs des autres HIPA sont en baisse progressive, avec particulièrement *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type, *Plantago major-media*-type et la quasi disparition de *Papaver rhoeas*-type, *Onobrychis*, *Trifolium repens*-type, *Mentha*-type. Les Urticaceae augmentent en fin de zone. Chez les autres herbacées, on voit la progression des Ranunculaceae et Crassulaceae et la chute en fin de zone de *Filipendula* et *Sanguisorba minor*. *Ambrosia artemisiifolia* est présente de façon plus importante. Les hygrophiles et aquatiques oscillent particulièrement. On note une légère reprise des Cyperaceae, une hausse importante d'*Equisetum*, une baisse de *Sparganium*-type. La phase à *Alisma*-type débutée dans la zone précédente se poursuit jusqu'en milieu de zone. Les spores monolètes augmentent progressivement puis chutent en fin de zone tandis que les spores trilètes ont fortement régressé.

Les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles montrent deux phases. En début de zone, *Sporormiella* est bien présent, accompagné de *Podospora* et un retour de *Chaetomium*. En fin de zone, ces derniers chutent et on voit une augmentation de *Sordaria*, *Cercophora*. Chez les autres MNP, on remarque la présence régulière de *Glomus* sp. avec des pics en début et fin de zone. La diversité générale s'appauvrit avec la baisse de HdV-200, *Valsaria variopora* et la disparition de *Arthirium* cf. *puccinioides*, *Clasterosporium caricinum*, *Diporotheca rhizophila*. Chez les algues, on remarque une hausse importante de *Spirogyra* et une présence toujours forte mais en décroissance de *Pediastrum* cf. *boryanum*. Les restes zoologiques sont largement représentés avec des valeurs importantes et stables de LCE-11 associées à *Cladocera* indif., *Alona rustica* et Chrinomideae indif et des pics de *Filinia* sp. en fin de zone.



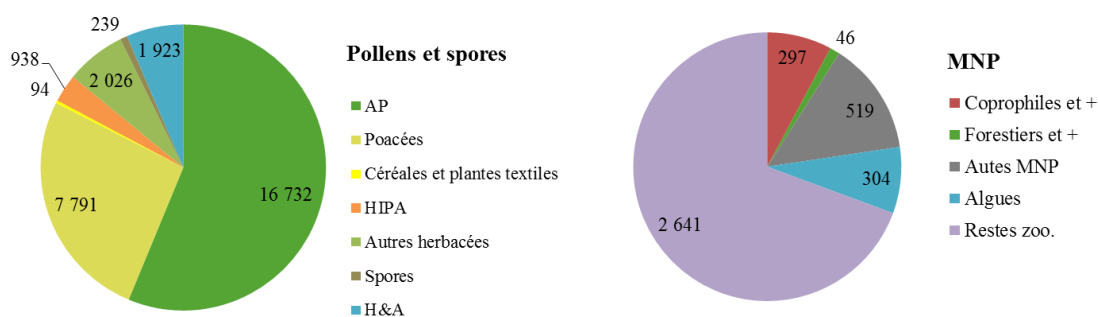
Graphique 20 - Récapitulatif de la zone REM 8b (13,5-3 cm) c. 1950-1995 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

REM 8c (3-0 cm) c. 1995-2007 cal. AD :

Cette zone montre une hausse du rapport AP/T entre 3 et 4 cm correspondant à des pics de *Fagus*, *Abies*, *Picea*, *Carpinus*. De façon générale, *Picea*, *Alnus*, *Pinus*, *Betula*, *Corylus* et *Fraxinus*-type sont les espèces dominantes. On remarque quelques occurrences de *Cerealia*-type et *Secale cereale*. Les autres

HIPAs sont faiblement représentés avec une concurrence entre *Plantago lanceolata*-type, *Artemisia* en début de zone et *Rumex acetosa*-type, *Plantago lanceolata*-type, Urticaceae en fin de zone. Les autres herbacées se caractérisent par une légère hausse avec une présence plus importante de Ranunculaceae, Apiaceae, Brassicaceae, Crassulaceae. Chez les hygrophiles et aquatiques, les Cyperaceae maintiennent des valeurs stables. On note une légère reprise de *Sparganium*-type et la chute d'*Equisetum*. Les spores sont en chute globale.

Chez les MNP marqueurs coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux/carbonicoles on remarque une présence régulière de *Sordaria*, *Sporormiella*, *Podospora* et *Chaetomium* ainsi que la disparition de *Cercophora*. Les autres MNP montrent une continuité de *Glomus* sp. et HdV-200, et un retour de *Clasterosporium caricinum*. Les algues augmentent en fin de zone avec une hausse de *Botryococcus*. On constate toutefois une chute de *Spirogyra* et une baisse de *Pediastrum* cf. *boryanum*. Une occurrence de *Pediastrum* cf. *simplex* apparaît en milieu de zone. Les restes zoologiques ont des valeurs importantes avec LCE-11 en espèce dominante.



Graphique 21 - Récapitulatif de la zone REM 8c (3-0 cm) c. 1995-2007 cal. AD
Moyenne des valeurs absolues de la zone (nb de palynomorphes/cm²/an, voir diag. 3)

3. 1500 ans d'histoire autour du lac Savoureux

3.1. Commentaires croisés

Du Vème siècle au début du Xème siècle

(REM 1 et 2 ; c. 420-930 cal. AD)

La période comprise entre environ 420 et 700 *cal. AD* (REM1) se caractérise par un couvert forestier dense dominé par une concurrence entre le hêtre et le sapin et de faibles indices de présence humaine. Jusque vers 580 *cal. AD*, même s'ils sont faibles, on note des indices en alternance de cultures céréalières et de chanvre avec une ouverture plus marquée du milieu vers 550 *cal. AD*.

Entre environ 600 et 680 *cal. AD* (début de REM1c), une phase de reprise du couvert forestier apparaît, majoritairement liée à une augmentation d'arbres et arbustes colonisateurs. Parallèlement, le hêtre commence à décroître. Les plantes liées à la présence humaine ainsi que les marqueurs de pastoralisme baissent particulièrement. On note toutefois des indices sporadiques de cultures de céréales et de chanvre. Ces variations traduisent une certaine pression anthropique locale et intermittente. Les sources écrites sont quasi inexistantes dans la zone d'étude pour cette époque mais ces résultats corroborent la plupart des analyses régionales où le contexte socio-politique particulier de ces périodes, succédant à la déprise de la transition Bas Empire/haut Moyen Âge où le peuplement semble se regrouper dans des zones particulières (Gauthier, 2004).

Les courbes de céréales, chanvre et M.N.P. coprophiles apparaissent de façon continue à partir du début du VIIIème siècle dans un contexte forestier toujours dense mais marqué particulièrement par une concurrence hêtre/sapin et la présence de pionniers comme le noisetier. La baisse des MNP en lien avec l'augmentation des céréales et du chanvre en début de zone (REM2a, soit vers 750 *cal. AD*) pourrait démontrer la présence d'un système agro-pastoral variable dans l'espace et/ou le temps ou une moins bonne perception des MNP puisque globalement, tous les MNP montrent des taux plus faibles à ce moment-là. Cette modeste reprise des activités agro-pastorales s'inscrit dans un cadre régional bien connu (Gauthier, 2004 ; Gauthier et Richard, 2007) et conforte encore l'hypothèse que les conséquences néfastes de la péjoration climatique de la période 650-850 *cal. AD* (Petit Maclus 2 ; Magny, 2004) sont à nuancer.

Entre le milieu du IX^{ème} siècle et le milieu du X^{ème} siècle (REM2b), une reprise du hêtre (paroxysme vers 850-900 *cal.*AD) et une chute du charme sont concomitantes avec une baisse des cultures de céréales et de chanvre. Les courbes de concentration des autres indices liés à la présence humaine montrent des taux assez importants. Cet événement est visible dans plusieurs autres sites du massif jurassien (par exemple à la tourbière de Censeau et au lac de Malpas, Gauthier, 2004) où l'hypothèse d'une meilleure perception de la pluie pollinique du hêtre dans un contexte de défrichements sélectifs (touchant le sapin et l'épicéa) destinés à des activités bien particulières comme la métallurgie, a été évoquée. Dans le val de Saint-Point/Remoray, les industries métallurgiques ne prennent leur essor qu'à partir du XIV^{ème} siècle (District du Mont d'Or ; Seernels, 2004). Toutefois, l'effervescence des zones environnantes (Chaux d'Arlier) et des monastères en place (Romainmôtier, Suisse) aurait pu participer à l'épuisement des ressources forestières de la région.

Du début du X^{ème} siècle au milieu du XIII^{ème} siècle

(REM 3 et 4 ; c.930 à 1250 cal. AD)

La fin du haut Moyen Âge et le début du Moyen Âge central (entre environ 930 et 1010 *cal.* AD) se caractérisent par un couvert forestier plutôt dense. L'irrégularité des courbes de hêtre, sapin et épicéa ainsi que l'expansion de certains arbres et arbustes tels que l'aulne, le bouleau et le charme pourraient indiquer des défrichements sporadiques. Certains MNP parasites et saprophytes des milieux forestiers, vivant sur les arbres morts ou pourris, commencent à se développer en parallèle (particulièrement *Trichocladium* sp. (HdV-572)). Leur présence dans les sédiments pourrait être lié à un mécanisme de transport érosif, éolien et fluvial potentiellement dû à une ouverture du milieu, les spores étant alors transportées plus facilement dans le lac avec la litière forestière mise à nue (van Geel *et al.*, 2013). Les autres différents indices d'activités agro-pastorales sont légèrement en hausse, mais restent limités.

C'est à partir de la deuxième moitié du XI^{ème} siècle et jusqu'au milieu du XII^{ème} siècle (REM3b-REM4a), que l'on remarque un recul du couvert forestier plus important ; presque toutes les essences sont affectées. Les céréales et surtout le chanvre montrent des valeurs plus importantes, en lien avec une expansion légère mais croissante des autres herbacées indicatrices de lieux anthropisés. Les MNP coprophiles sont régulièrement présents et les MNP saprophytes des substrats forestiers sont en expansion importante, marquant certainement le déclin de certaines essences forestières telles que le hêtre. La présence régulière de *Glomus* sp. pourrait indiquer, une phase de pression érosive dans le

bassin versant. C'est l'époque où le peuplement de la vallée s'organise progressivement avec l'emprise seigneuriale et l'arrivée des communautés érémitiques qui se transformeront rapidement en prieurés et abbayes. Bien qu'au début de cette période, les alentours du lac soit encore peu investis par des occupations pérennes, il est possible d'envisager un impact un peu plus lointain, si l'on considère la mise en place du prieuré de Mouthe (1076-1077) et des possessions de l'abbaye de Romainmôtier à Mont-du-Fourg et à Vaux (confirmées en 1126 par Humbert III) (Locatelli, 1999 ; Carry-Renaud, 2011). Les environs ne sont pas vides comme le témoignent les études polliniques (Chaux d'Arlier ; Gauthier, 2004) et les sources historiques (Locatelli, 1999 et fig. 24 (a) tirés de Carry-Renaud, 2011).

Saint-Point. Nous sommes toutefois encore dans des périodes où les conditions climatiques n'étaient pas des plus clémentes. Les travaux menés au lac de Joux (Magny *et al.*, 2011) indiquent par exemple une phase plus froide et humide avant les années 1100 (fig. 20 page 95 ; minimum de Oort, vers 1060 *cal.*AD).

À partir de 1150 *cal.* AD et jusqu'aux années 1250 *cal.* AD (REM4b), le recul de la forêt est sans conteste. Le hêtre chute et profite à l'expansion, ou à une meilleure perception pollinique des résineux. Un grand nombre d'essences continuent leur régression amorcée au siècle précédent. En parallèle, cette ouverture du milieu entraîne une augmentation des céréales et surtout du chanvre ainsi que des autres herbacées indicatrices de présence humaine. L'augmentation et les pics de MNP coprophiles, particulièrement le cortège *Sordaria/Sporormiella* pourraient aussi témoigner d'une pression pastorale plus forte mais les hausses concomitantes de tous les autres MNP ainsi que des spores pourraient traduire des apports érosifs, appuyés par les pics de susceptibilité magnétique, biaisant alors la perception que nous avons de leur abondance dans les sédiments. On peut toutefois estimer que cette période témoigne d'une phase de bouleversements intenses et de pression agro-pastorale certaine dans le bassin versant.

L'effet de la mise en place de plus en plus pérenne des occupations humaines se manifeste dans l'ouverture du milieu et dans l'augmentation de la pression anthropique bien que la majorité des villages ne soient mentionnés dans les textes qu'après 1250 (Carry-Renaud, 2011). Une communauté ou fraternité laïque est attestée vers 1190 à Mont-du-Fourg (enquête de 1228 ; Locatelli, 1999) qui prendra le nom des *frères de Sainte-Marie* et sera officiellement affiliée à l'ordre de Cîteaux en 1199 (Charte de Gaucher V, sire de Salins) puis consacrée en 1200 par l'Archevêque Amédée de Besançon. En 1243, l'abbaye du Mont-Sainte-Marie est transférée à l'endroit actuel, entre les deux lacs de Remoray et Saint-Point.

Le diagramme pollinique du lac Saint-Point, montre d'ailleurs aussi que le maximum du recul du couvert forestier se situe entre 1200 et 1250 *cal.* AD (fig.19 page 94 ; Gauthier, 2012). Enfin, on ne peut nier, l'influence du contexte climatique plus favorable de l'Optimum Climatique Médiéval, particulièrement visible dans les baisses de niveaux des lacs de Joux et Saint-Point, corrélés à une augmentation de l'activité solaire, surtout entre 1100 et 1250 (fig.20 ; Magny *et al.*, 2011 ; Bichet *et al.*, 2015).

La fin du XIII^{ème} siècle et les XIV^{ème} et XV^{ème} siècles

(REM5 ; c. 1250 à 1500 cal. AD)

La fin du XIII^{ème} siècle et le XIV^{ème} siècle se caractérisent par une longue phase de reconquête des espaces ouverts dans les siècles précédents, se produisant en même temps qu'une baisse des indices de pratiques agro-pastorales, marqué surtout vers 1400 cal. A.D.

Entre environ 1250 et 1300 cal. AD (REM5a), la fermeture du milieu se manifeste progressivement avec la présence croissante d'espèces pionnières telles que le noisetier et le genévrier mais aussi avec un certain retour du hêtre, du sapin et de l'épicéa. Les sources écrites nous apportent des informations importantes sur certaines particularités de cette période pouvant paraître paradoxales au premier abord.

Après le déplacement de l'Abbaye du Mont-Sainte-Marie en 1243 à l'emplacement actuel (entre les deux lacs, fig. 25) et d'après les mentions écrites, l'appel aux abergers entraîne la croissance des premiers villages (fig. 24(b) ; après 1250 dans le bassin versant ; Carry-Renaud, 2011) ainsi que la mise en place du système de granges tout autour du site (fig. 25). Cet accroissement de l'occupation humaine dans le secteur est visible dans les données polliniques qui montrent un maintien des pratiques agricoles diverses (céréales, chanvre, pastoralisme). Toutefois, cette amplification de l'occupation humaine ne se traduit pas dans les défrichements. On pourrait voir ici les conséquences de l'appropriation forestière et des politiques d'usages. Les massifs alentours sont effectivement soumis à ces mises « en défens », permanentes ou dotées de privilèges. La forêt de la Grand-Côte et le massif du Mont de la Croix, entourant le lac de Remoray, sont d'ailleurs concernés par une mise en défens dès 1312 par un traité (« Cinq sceaux », Jean 1^{er} de Chalon Arlay).

Entre environ 1300 et 1400, une reconquête forestière est évidente ; elle est importante et progressive. Successivement, l'aulne, le pin, le charme augmentent, en parallèle de valeurs plus importantes d'épicéa, de bouleau, de chêne, de noisetier et de genévrier. On note toutefois la baisse particulière du sapin. Les indices de pratiques agro-pastorales baissent légèrement mais les valeurs exprimées en flux (diag. 2) montrent une certaine persistance. Ces événements apparaissent dans un contexte complexe. D'une part, le milieu du XIV^{ème} siècle est le théâtre de l'épidémie de peste noire (1348-49) et des vicissitudes de la guerre de Cent Ans (1360-1369) dans la région (Gresser, 1989 ; Locatelli, 1998) qui, par les ravages et pertes humaines qu'elle occasionne, a entraîné une période de régression marquée.

Ces évènements ont été mis en évidence dans d'autres études polliniques du Haut-Doubs (Gauthier, 2004). D'autre part, nous ne pouvons pas négliger que nous nous situons dans les prémices du Petit Âge Glaciaire, dont les fluctuations climatiques peuvent, entre autres, influencer le comportement des taxons sensibles à des conditions environnementales changeantes. Aux alentours de 1350 particulièrement, les niveaux des lacs jurassiens montrent une hausse sensible (Magny *et al.*, 2008 ; Bichet *et al.*, 2015).

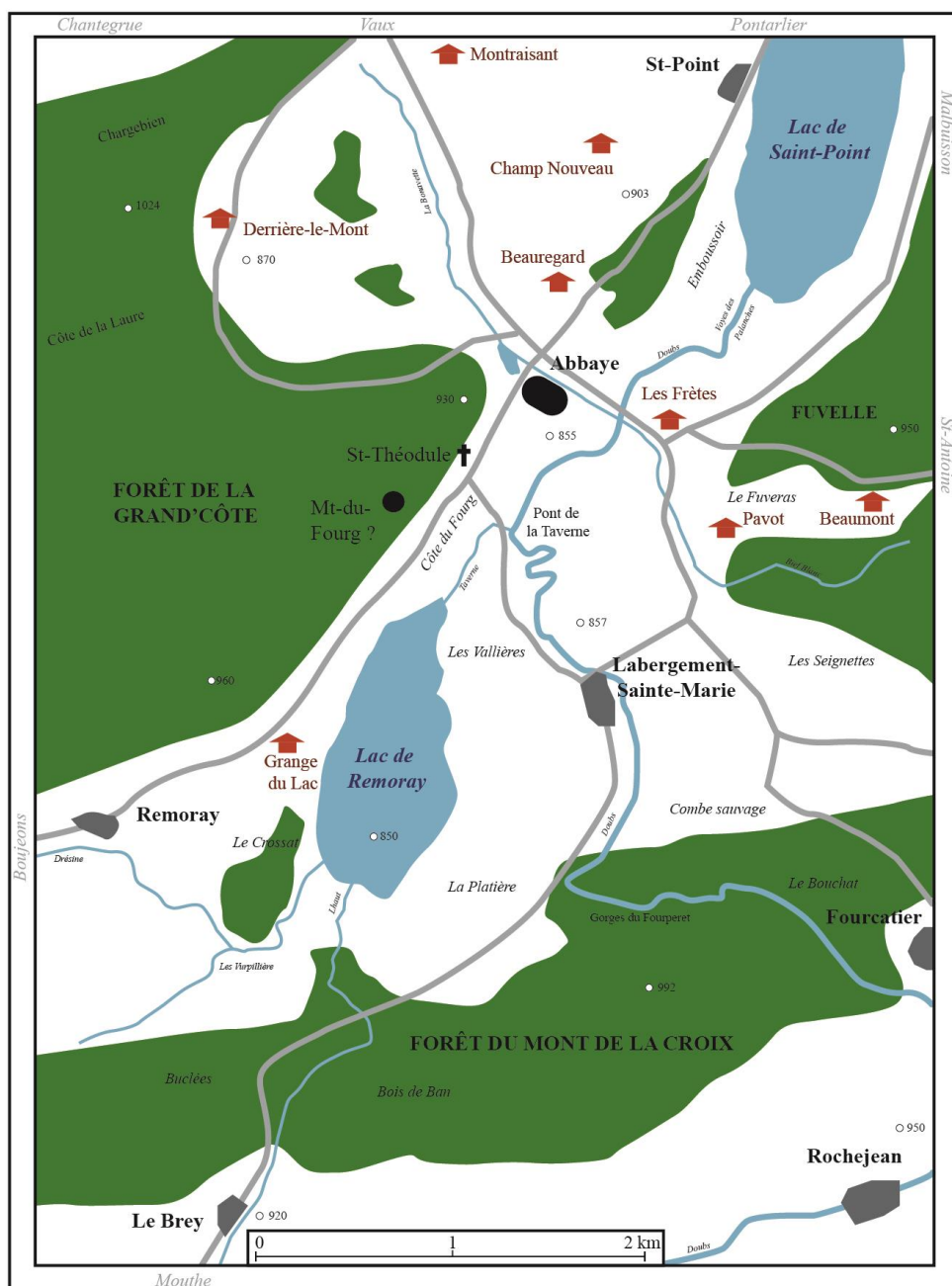


Figure 25 - Site de l'abbaye du Mont-Sainte-Marie à la fin du XIIIème siècle (d'après Locatelli, 1999)

Enfin, après 1400, les taxons arboréens montrent une légère baisse, malgré la présence toujours importante de charme et de bouleau. Des fluctuations particulières de certains arbres permettent d'envisager des défrichements, surtout après 1450. Le sapin est par exemple favorisé par une diminution du hêtre. Dans la région, l'industrie métallurgique démarre avec l'implantation, au plus proche, des ferrières et haut-fourneaux de Rochejean mais aussi de façon générale dans le district du Mont d'Or (voir paragraphes suivants et fig. 26 page 133 ; Seernels, 2004). Au même moment, on observe le début d'une hausse importante des valeurs des céréales et du chanvre. Le début d'une reprise agro-pastorale se situe donc ici dans la première moitié du XV^{ème} siècle, en lien avec les siècles d'expansion qui suivront et en accord avec les faits historiques locaux.

Les XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles

(REM6 ; c. 1500 à 1720 cal. AD)

Les variations du rapport AP/T de ces deux siècles montrent une tendance à la baisse avec toutefois des épisodes irréguliers où le total des arbres augmente un peu avant 1600 et un peu avant 1700. Difficilement interprétables, ces phénomènes se situent à la fois dans une phase agitée par les évolutions industrielles précédemment citées, dans le contexte socio-économique plutôt favorable de l'époque moderne mais aussi dans les vicissitudes climatiques du Petit Âge Glaciaire et les troubles politiques liés aux guerres du XVII^{ème} siècle.

Le début de l'époque moderne est effectivement une période d'accroissement démographique important et d'essor de l'industrie métallurgique. Les ferrières, forges et hauts fourneaux, forts consommateurs de bois, amplifient leurs activités dans les alentours, autant du côté franc-comtois que suisse (Serneels, 2004). Dès le début du XVI^{ème} siècle, la forge de Rochejean, propriété de l'Abbaye du Mont-Sainte-Marie est attestée (1516) ; une renardière est indiquée à Métabief (1512), propriété des Chalon (Delsalle, 2000). Au milieu du XVI^{ème} siècle, on compte deux hauts fourneaux à Rochejean ainsi qu'à la Ferrière sous Jougne. Deux ferrières sont présentes à Joux et à Pontarlier (fig. 26), révélés notamment par des documents tels que "*l'enquête sur les fers*" (ADD 2B1358) datée de 1562. À Mouthe, un haut-fourneau supplémentaire est construit en 1570, confirmant la croissance importante de l'industrie dans la région. Selon Serneels (2004), la concentration d'un si grand nombre d'usines dans une zone peu étendue a pu provoquer des dégâts importants sur le paysage forestier (fig. 27). Les données polliniques s'accordent avec ce constat. Certains arbres (par exemple, le hêtre, l'épicéa, le charme et le noisetier) sont particulièrement en régression entre 1500 et 1650 cal. AD.

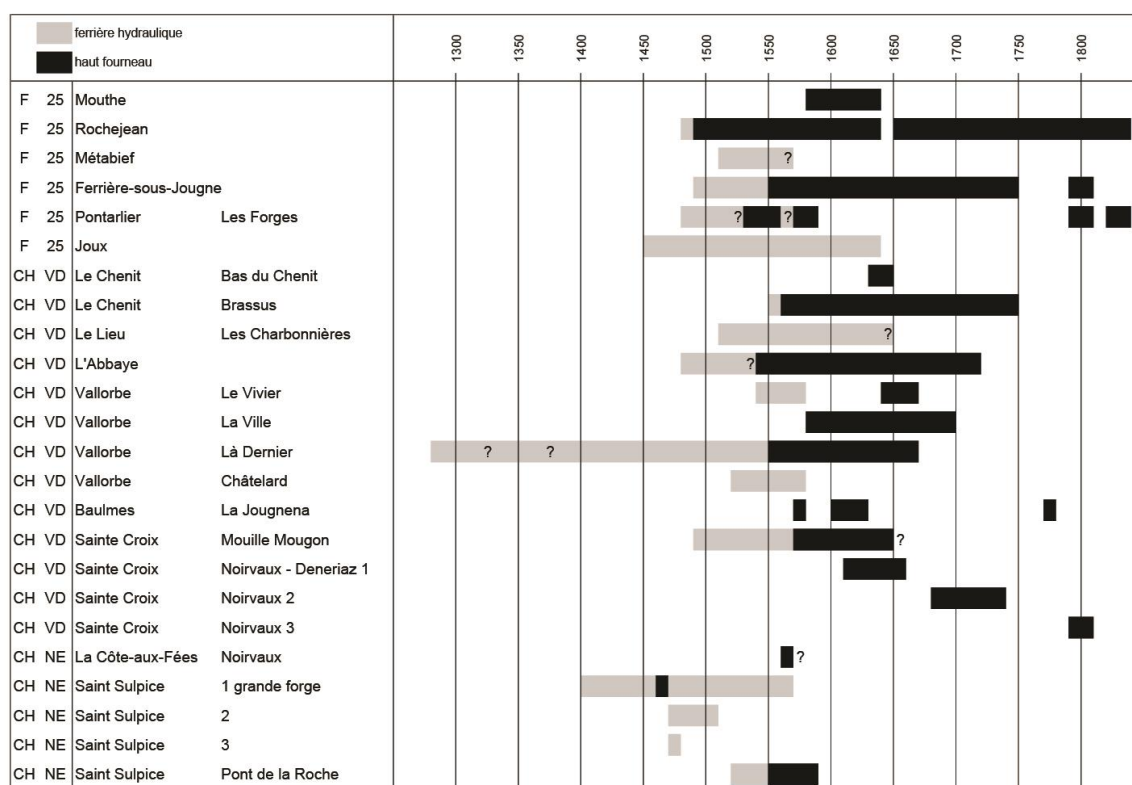


Figure 26- Chronologie générale des usines métallurgiques du district du Mont d'Or (Serneels, 2004)

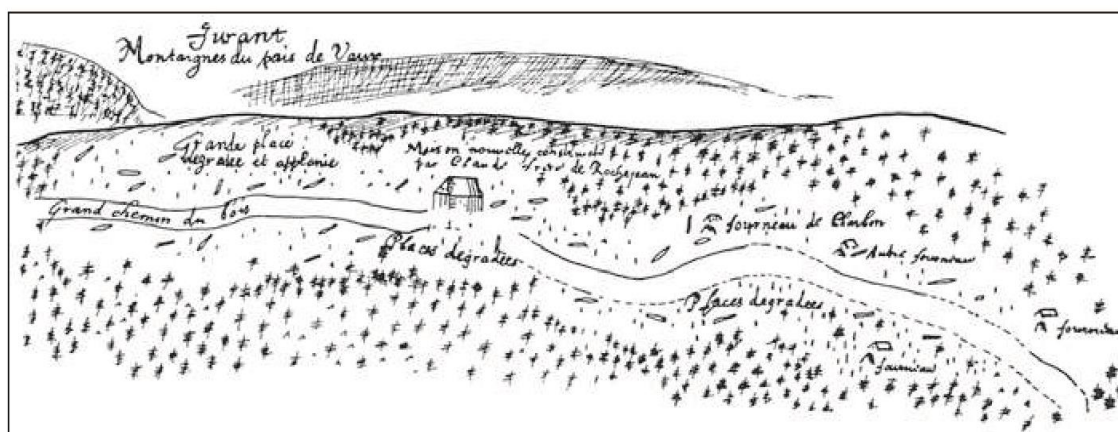


Figure 27- Extrait d'une carte visuelle du premier tiers du XVIIe siècle montrant les dégâts occasionnés à la forêt au-dessus de Mouthe, sur le sommet du Mont Risoux (lieux-dits Champ-Charbonnet et La Landoz-Neuve) ADD IIB1260 (Serneels, 2004).

Au début du XVIIème siècle, cette industrie s'essouffle dans le contexte de la guerre de Dix ans (1634-1644 ; Louis, 1998) entraînant alors la destruction de la majorité des usines locales. Tandis que le haut-fourneau de Rochejean est reconstruit en 1649, celui de

Mouthe ne le sera pas. Ce ralentissement se poursuivra tout au long de la fin du XVII^{ème} siècle, en partie à cause des troubles politiques (campagnes de Louis XIV pour l'annexion de la Franche-Comté). Les données polliniques illustrent encore une fois certainement ce recul des activités métallurgiques.

La fin du XVII^{ème} siècle est bien marquée par une reprise forestière (REM6c : hêtre, charme, noisetier). Toutefois, cet aspect économique ne saurait expliquer à lui seul la déprise que nous observons dans l'analyse palynologique. Les activités agro-pastorales manifestent aussi un certain recul, témoignant d'une déprise qui n'est pas essentiellement industrielle. Au lac Saint-Point, une légère déprise agricole est visible vers 1630 cal. AD : chute des valeurs de chanvre, de seigle, des spores de champignons coprophiles et des algues, et petits pics de hêtre, aulne, bouleau et charme. Celle-ci est expliquée comme pouvant être la conséquence de la Guerre de Dix ans (Gauthier, 2012). Au lac de Remoray, cette déprise est datée postérieurement à 1650 cal. AD, faisant suite logique aux événements de cette guerre. Le paramètre climatique est en parallèle non négligeable. Les hauts niveaux de lacs jurassiens vers 1550 cal. AD et 1700 cal. AD (Magny *et al.* 2008 ; Bichet *et al.*, 2015), dont le dernier correspond au minimum solaire de Maunder, appuient le constat de périodes certainement difficiles.

Les XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles

(REM7 c. 1720-1900 cal. AD)

À partir du début du XVIII^{ème} siècle, les données polliniques traduisent un environnement plus ouvert où les indices agro-pastoraux sont variés et à leur maximum. Du côté des arbres et arbustes, les taux sont à la baisse (charme et noisetier particulièrement) malgré une augmentation nette de l'épicéa et dans de moindres mesures du sapin, plus intense à partir du XIX^{ème} siècle. En admettant les problèmes de sur-représentativité pollinique des taxons de résineux, l'intensification des zones de pâturage, la pratique du pré-bois, les plantations et l'abandon progressive de l'exploitation des zones humides pourraient participer à l'explication de l'expansion de l'épicéa dans ces zones de moyenne montagne. De plus, il faut prendre en compte, les effets de la politique de gestion forestière nationale qui se met lentement en place. L'ordonnance des eaux et forêts de Colbert de 1669, a réellement été appliquée à partir de 1694 en Franche-Comté suite au rattachement de la Comté à la France (Gresset, 1988).

S'agissant des pratiques agro-pastorales, les données polliniques corroborent à première vue les indications fournies par les données du cadastre napoléonien (fig. 28 et

voir Partie 3-3.2.) et les statistiques agricoles du bassin versant des XVIIIème et XIXème siècles (fig. 29). Les terres arables et les cultures céréalières diverses font partie du paysage du XIXème siècle. Les surfaces destinées aux pâturages, prairies artificielles et le grand nombre de bovins présents sur les trois principales communes du bassin-versant du lac de Remoray soulignent une importance majeure donnée au pastoralisme.

Occupation des sols dans le bassin versant (1840)

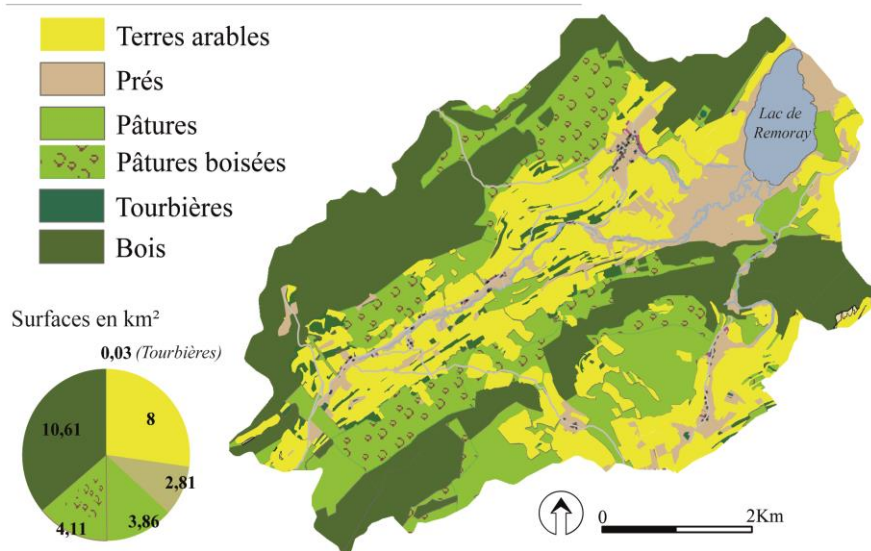


Figure 28 – Occupation des sols du bassin versant du lac de Remoray d’après les données du cadastre napoléonien (voir détails Partie 3-3.2.)

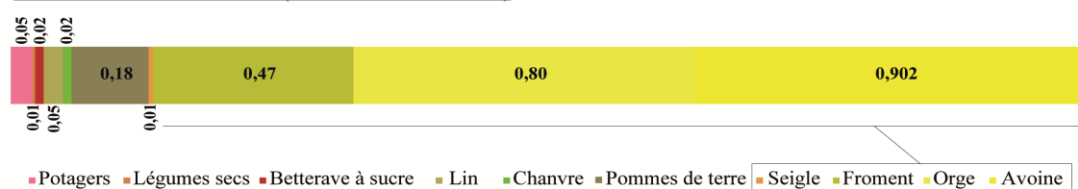
Statistique internationale de l’agriculture 1873

Total des communes de Remoray (ADD EAC 2738 F2), Boujeons (ADD EAC 1084 F1) et Brey-et-Maisons-du-Bois (ADD EAC 1071 F2)

Prairies et pâturages (nb de km² / environ 22km²)



Céréales et cultures diverses (nb de km²/environ 22km²)



Élevage (nb de têtes)



Figure 29 – Résultats de la statistique internationale de l’agriculture de 1873 pour les communes de Remoray, Boujeons et Brey-et-Maisons-du-Bois.

Du début du XXème siècle à nos jours

(REM8 c. 1900 à 2007 cal. AD)

Enfin, une nouvelle transition marque la période comprise entre le début du XXème siècle et aujourd'hui (REM8). À partir de la fin du XIXème siècle, la mise en place des systèmes pastoraux actuels et la crise démographique se manifestent par la disparition des grains de pollen de chanvre et la diminution progressive des cultures de céréales. En parallèle, la persistance des courbes des autres I.P.A. et des spores de champignons coprophiles atteste d'une pratique centrée sur l'élevage. Le milieu reste globalement ouvert mais le couvert forestier se diversifie comme le montrent les hausses des taux de charme, de bouleau, de frêne, de pin et de noisetier.

Entre 1900 et 1940, on observe une baisse du taux d'arbres avec particulièrement la chute de l'épicéa ainsi que quelques traces de cultures de céréales. L'interprétation de cette phase est complexe. Les variations à la baisse des taux de pollens pourraient être liées aux modifications du régime du lac, avec les changements hydriques opérés au début du XXème siècle (construction de la ligne de chemin de fer de Frasné-Vallorbe où le Doubs fût détourné entre les lacs Remoray et Saint-Point). Les crues pourraient aussi jouer un rôle dans ce phénomène (par exemple la grande crue de 1910).

À partir de 1940-1950, on observe une augmentation généralisée des flux polliniques indiquant certainement une augmentation du flux sédimentaire, un changement d'état du lac et donc un changement d'utilisation des terres. Certaines espèces prennent leur essor comme le frêne, le pin et le bouleau. Les flux de graminées explosent mais les études de pluie pollinique actuelles montrent une certaine sur-représentation de ce taxon (Diètre *et al.*, 2012). Du côté des herbacées, on observe des pics d'espèces comme le plantain d'eau ou la prêle, témoins des changements hydriques ainsi que l'explosion des taux d'algues et des restes zoologiques qui peuvent indiquer une augmentation en nutriment et/ou un changement dans l'apport sédimentaire, synonyme de l'eutrophisation du lac. On note aussi l'apparition quasi constante de spores de *Glomus* sp., interprété comme un signe de processus d'érosion. Cette phase montre aussi la présence de nouveaux taxons tels que l'Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) apparût en France à la fin du XIXème siècle et en expansion depuis les années 50, ainsi que le maïs, bien que non cultivé dans le bassin versant, qui indique certainement une pluie pollinique plus régionale.

3.2. Approche comparative de l'occupation des sols par les cartes et les données palynologiques

Nous le constatons, une grande part des données et évènements historiques trouve un reflet, plus ou moins évident, dans les données palynologiques. La vision que nous livrent les pollens et les cartes historiques est plutôt qualitative et la réunion de ces deux corpus d'informations est une occasion de peut-être mieux comprendre les données et plus largement, les paysages. L'étude des données cadastrales du XIX^{ème} siècle, relativement précises sur les différents types et surfaces d'occupation des sols, et des données palynologiques, elles aussi détaillées mais soumises à certaines limites, est une perspective de comparaison intéressante. Afin d'établir un parallèle diachronique, une comparaison avec l'occupation du sol actuel est aussi nécessaire.

Le cadastre napoléonien (1827-1840) (planche 7)

Les données cadastrales, traitées et insérées dans un système géoréférencé, ont fait l'objet de calculs de surfaces (km²) selon six types d'occupation des sols : terres arables, prés, pâtures, bois, tourbières et pâtures boisées. Ces choix, restreints, ont été faits pour simplifier la comparaison et en fonction de paramètres locaux (par exemple, les pâtures boisées n'ont pas été incluses dans la classe « bois » ou « pâtures »). De plus, l'hétérogénéité des différentes levées de parcelles (les termes utilisés diffèrent selon les opérateurs) rendait difficile une classification raisonnable. Enfin, la définition des classes de sols est parfois peu précise. Par exemple, les données du cadastre ne nous permettent pas de distinguer les cultures céréalières de celles de plantes à vocation textile. Ainsi, trois calculs ont été réalisés en fonction de critères spatiaux (bassin versant, rayons de 2 et 1 km). Ces choix ont été effectués afin de faire ressortir éventuellement une corrélation plus positive entre la pluie pollinique que nous percevons dans nos spectres (ici exprimée en flux de pollens/cm²/an) et les pourcentages de surfaces données par la cadastration napoléonienne.

Cette planche (7) montre tout d'abord que les pourcentages de parcelles boisées sont plutôt en accord avec des données polliniques éloignées (bassin versant et 2 km). Une sous-représentation des valeurs polliniques de plantes cultivées pourrait être imaginée au vu des données cadastrales indiquant de forts pourcentages de terres arables. Toutefois, comme nous l'avons mentionné, les termes *terres arables* ont une définition un peu floue. Les taux pollens de graminées et les HIPA, signes d'espaces ouverts et plutôt bien représentés dans les données polliniques de la période, pourraient être corrélés avec les pourcentages de surfaces de prés et pâtures du cadastre. Ainsi, un apport local (2 km, voire

1 km) est envisageable. Ces remarques pourraient être mises en relation avec les MNP de type coprophiles et indicateurs potentiels de pression pastorale (dont l'origine est bien souvent locale) qui sont assez abondant ici. Cette première approche de la comparaison des données polliniques et cadastrales du XIX^{ème} siècle peut donc nous apporter la confirmation que, mise à part les grains de pollens d'arbres et arbustes, la pluie pollinique captée dans les sédiments du lac est assez proche du lieu de prélèvement.

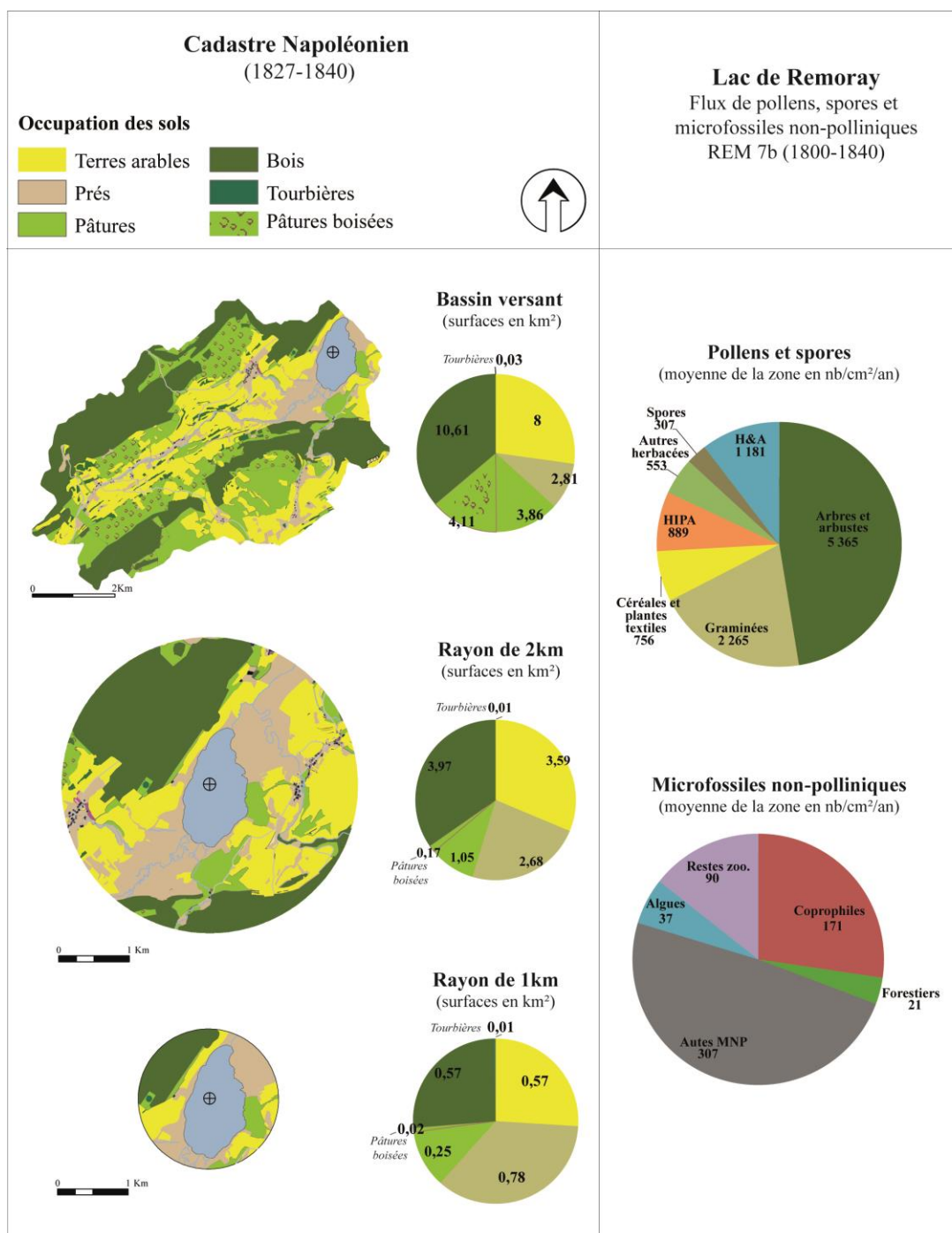


Planche 7 - Comparaison entre les données du cadastre napoléonien (1827-1840) et les données polliniques (1800-1840)

Comparaison avec l'occupation du sol actuel (planche 8)

Le paysage actuel reconstitué ici avec différentes données disponibles se compose de zones forestières (composées principalement de résineux et dominées par l'épicéa), de prairies et de zones humides. À l'instar des données palynologiques, la part du couvert forestier actuel est dominante dans le bassin versant et semble encore une fois, en comparaison avec les données polliniques, souligner la part des apports polliniques lointains. Toutefois, les arbres dominants dans le spectre (pin, épicéa) sont de forts producteurs polliniques et leurs pollens peuvent parcourir de longues distances. Ici, rien ne permet de préciser que la pluie pollinique forestière que nous percevons soit très locale ou vienne du bassin versant mais on peut constater que les résultats ne tranchent pas avec le paysage général actuel. Si l'on compare avec les données du XIX^{ème} siècle, on remarque que les zones boisées ont nettement augmenté, que ce soit dans les données polliniques ou cartographiques. Toutefois, nous ne disposons pas dans cette étude des zones de pré-bois actuels, certainement incluses dans les zones boisées.

Si l'on regarde du côté des plantes herbacées (graminées, HIPA et autres herbacées), leurs flux polliniques totaux actuels sont assez élevés et dominés par les graminées qui sont connues pour être sur-représentées dans la zone d'étude (Diètre *et al.*, 2012). Avec les forêts, les composantes essentielles du paysage actuel sont les prairies permanentes. La comparaison est ici peu évidente mais suggère une corrélation plutôt dirigée vers les données du bassin versant. Enfin, la présence de quelques grains de pollen de céréales (blés et maïs) dans le spectre pollinique actuel ne trouve pas de source dans le paysage local ni dans le bassin versant. Ces apports polliniques seraient de provenance plus lointaine, les champs de céréales les plus proches se trouvant à une vingtaine de kilomètres (Nozeroy, Jura, source RPG). Il n'est toutefois pas exclu que ces pollens puissent avoir été apportés par les pratiques pastorales (dans les déjections de bovins par exemple, pâturant au bord du lac ; voir fig. 30). Les MNP indicateurs de pratiques pastorales sont moins bien représentés dans le spectre qu'au XIX^{ème} siècle. On peut se demander si, dans ce paysage actuel pastoral, les apports de cette donnée paléoenvironnementale sont sous-représentés par la reprise du couvert forestier qui pourrait biaiser la vision de ces marqueurs ou signifier un apport très local (zones pâturées en bord de lac).

Les autres MNP présentent un spectre dominé par les restes zoologiques suggérant certainement une forte eutrophisation du lac due à un impact anthropique plus intense et liée à la présence des zones urbanisées, touristiques et aux pratiques agricoles (prairies artificielles, épandages). Toutefois, la comparaison avec les données cartographiques ne

permet pas de mettre en évidence une provenance locale (production lacustre) ou éloignée (apports des ruisseaux du bassin versant).

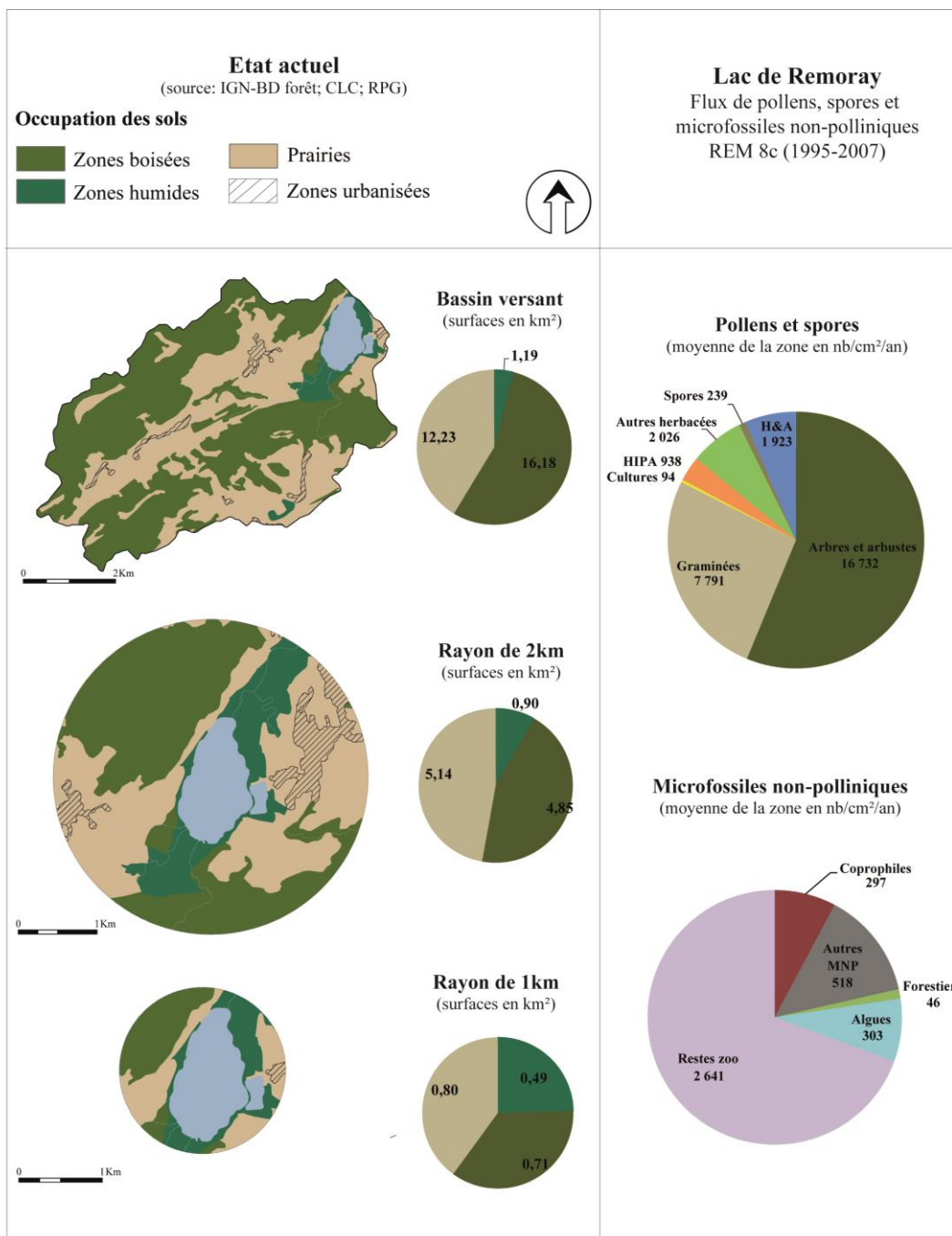


Planche 8 - Comparaison entre les données cartographiques de l'occupation du sol actuel et les données polliniques



**Figure 30- Les zones de pâture (ici, à l'ouest du lac, vers la Grange du lac)
(cliché L. Murgia).**

3.3. Conclusion

Cette étude montre une nouvelle fois que les paysages actuels du Haut-Doubs sont indéniablement façonnés par la présence humaine, même dans des contrées ayant la tradition d'être hostiles à certaines époques. L'analyse pollinique menée au lac de Remoray confirme les constats des historiens et des paléoenvironnementalistes concernant le schéma du processus d'occupation de la haute vallée du Doubs (voir fig. A, annexe 2d ; vol. 2).

Les données du haut Moyen Âge, bien que modestement visibles, illustrent une fois de plus que l'idée qu'un désert forestier précédant l'arrivée des moines défricheurs est à nuancer. L'installation des communautés religieuses durant les XI^{ème}-XIII^{ème} siècles semble toutefois l'étape clef dans la mise en place d'un peuplement durable. Les siècles suivants, marqués de crises socio-politiques et traversés par les effets, plus ou moins ressentis, du Petit Âge Glaciaire, montrent néanmoins un certain maintien des pratiques agro-pastorales certainement dues aux adaptations locales, tant environnementales que politiques. Enfin, les débuts de l'ère industrielle marqueront une transition importante dans les pratiques et mentalités dont l'héritage s'observe encore de nos jours.

L'étude souligne encore une fois que le climat est un thème inéluctable de l'approche des interactions sociétés-environnement. Toutefois, faire la distinction entre forçages climatiques et anthropiques à travers les données paléoenvironnementales et historiques

n'est pas toujours chose simple. Des épisodes particuliers comme ceux des XVIème et XVIIème siècle, où les conflits politiques, l'impact des industries métallurgiques sur la forêt et les épisodes climatiques fluctuants inter-agissent intimement, ce qui pousse à réfléchir sur la véritable possibilité de distinguer, à ce stade de la recherche, la part de l'homme et du climat dans les données polliniques.

Concernant notre approche comparative des données cartographiques et polliniques, même si elle fait ressortir certains points communs entre les données polliniques et les cartes historiques et actuelles, la prise en compte de paramètres plus précis sur la production pollinique des espèces végétales, sur certains paramètres météorologiques (comme les vents) ou climatiques reste indispensable pour perfectionner nos interprétations. Il est certain que les données polliniques produites nécessiteront sans doute des approches plus quantitatives, à l'exemple des études menées par les modélisateurs des équipes suédoises ou des chercheurs qui en sont issus (voir entre autres : Bunting *et al.*, 2004 ; Sugita *et al.*, 2010 ; Mazier *et al.*, 2011 et 2012 ; Strandberg *et al.*, 2013), pour peu que les modèles existants soient adaptés au relief et aux conditions stationnelles du massif jurassien.

PARTIE 4

Recolonisation végétale et humaine autour du lac Saint-André suite à l'éboulement du Mont Granier (Massif de la Chartreuse, Alpes) en 1248

Ces lieux étaient alors, comme ils sont encore de nos jours, une sorte de labyrinthe naturel, dont l'aspect étrange, tourmenté, justifie bien le nom qu'on leur a donné. On les appelle les Abymes de Myans. Ce sont des mamelons tapissés d'un gazon serré, d'un vert cru; des bouquets d'arbres énormes, châtaigniers, peupliers flexibles au feuillage brillant, des entassements de rochers, couverts d'orpins, de saxifrages, de lichens ; d'énormes pierres moussues, éparses sur le sol ; des flaques d'eau saumâtre ; des lacs noirs, d'une profondeur insondable, des coteaux chargés de vignes; çà et là des chaumières, enfouies sous l'ombre de hautes futaies, et sur le chaume desquelles ruisselle la joubarbe. Les sentiers serpentent à travers tous les accidents du terrain, longeant les haies, descendant la pente escarpée des ravins, courant sur le bord des roches abruptes, s'entrelaçant en un réseau inextricable. Le Granier, dont l'immense échancrure a la forme d'un croissant, domine ce paysage digne d'inspirer, aussi bien que les horreurs du Brocken, le poète de Faust. (Le Maréchal de Montmayeur, 1465, par Charles Buet, 1878).

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Localisation, caractéristiques et particularités physiques de la zone

La zone étudiée est située à la limite des départements de la Savoie et de l'Isère, en région Rhône-Alpes, au sud de Chambéry (fig. 31).

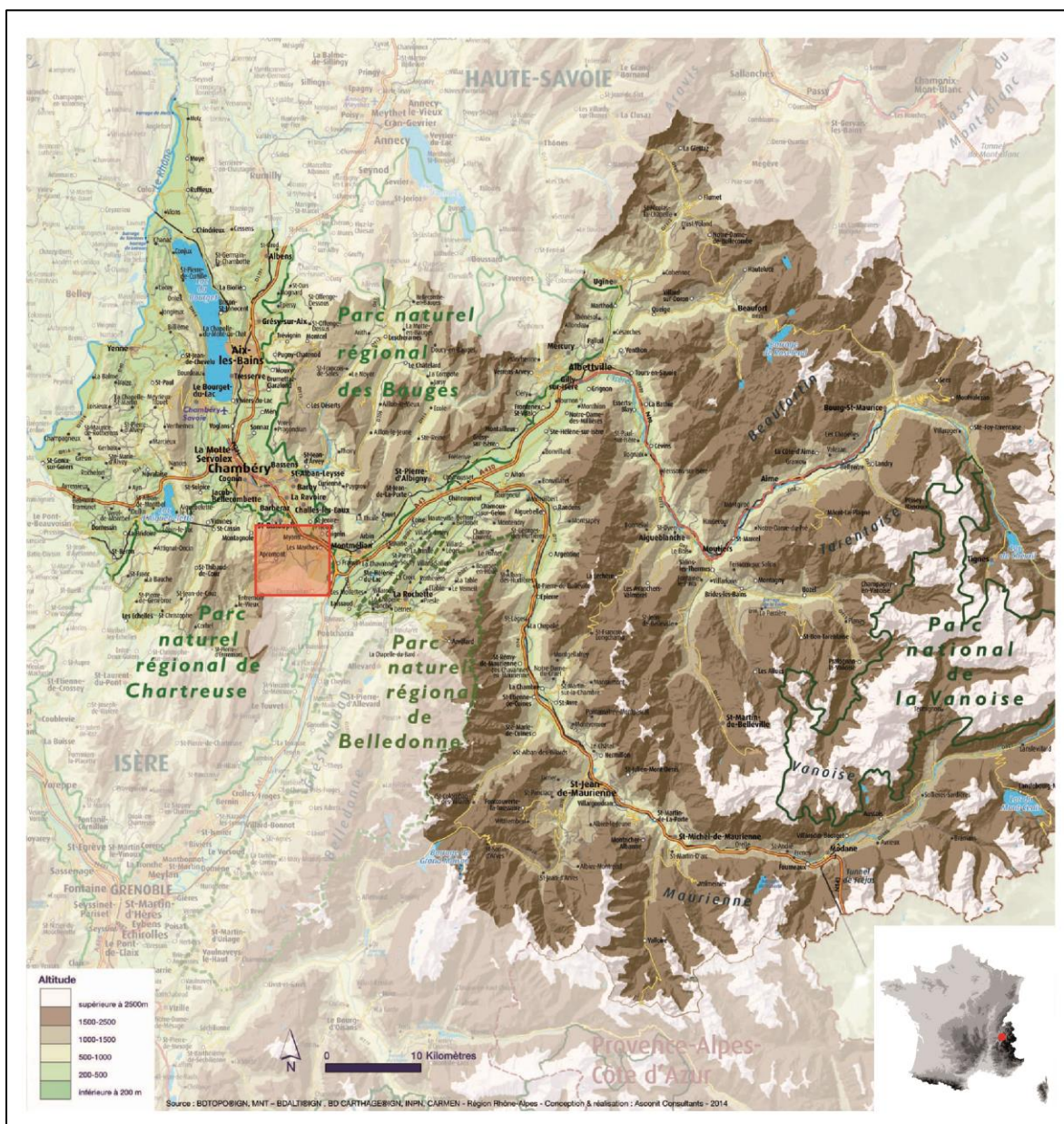


Figure 31 - Localisation de la zone d'étude du Mont Granier, à la limite de la Savoie (couleurs franches) et de l'Isère (carte RRA- Région Rhône-Alpes)

Le glissement du Mont Granier

Dominée par le Mont Granier, culminant à 1933 m d'altitude et constituant l'extrémité nord des hauts-plateaux de Chartreuse orientale, cette zone se caractérise par sa morphologie particulière liée à l'éboulement d'une partie de la montagne durant la nuit du 24 novembre 1248 ; événement relaté par l'historiographie médiévale et étudié depuis l'époque moderne (voir l'étude de Biasini, 2011). Le colloque de synthèse de 1998 (Académie de Savoie, 1999), intitulé *L'éboulement du Granier et le sanctuaire de Myans* constitue à ce jour un corpus d'informations inédit et pluridisciplinaire auquel on se référera particulièrement pour d'avantages de détails.

Les causes, mécanismes et conséquences géologiques de l'éboulement ont été largement étudiées. La catastrophe du Mont Granier résulte d'un glissement des marnes, évoluant en coulées boueuses, à la suite d'un effondrement d'une partie de la falaise calcaire (fig. 32 et 33 ; et voir Goguel et Pachoud, 1972 ; Nicoud *et al.*, 1999).

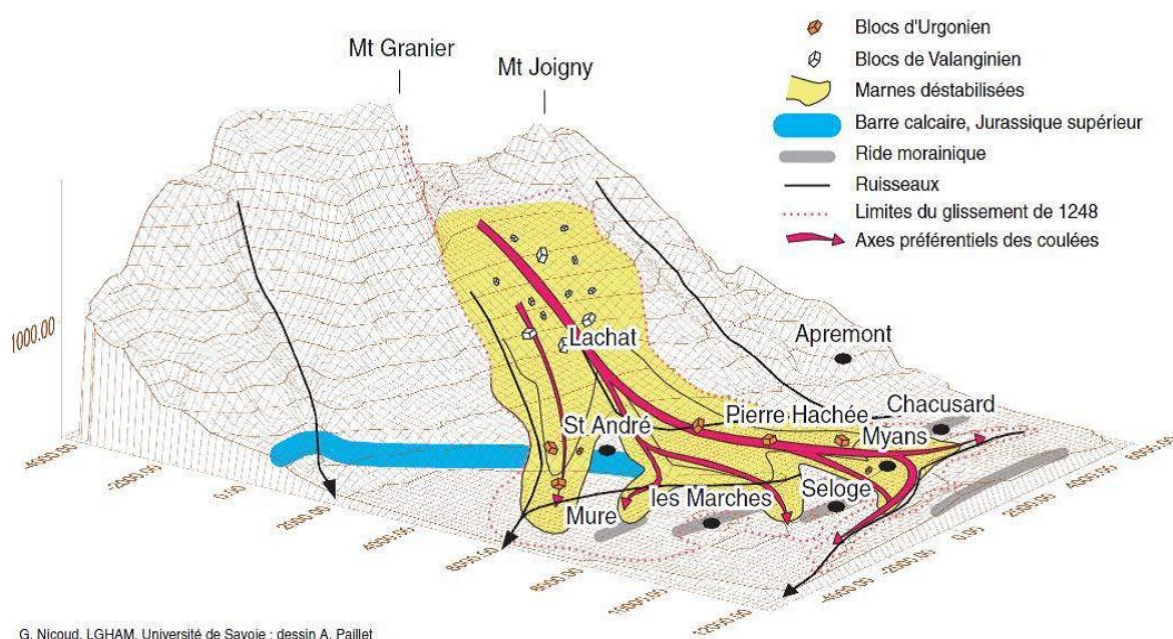


Figure 32 - Glissement des couches marneuses et évolutions en coulées boueuses (Nicoud *et al.*, 1998)

L'extension spatiale de l'éboulement, plusieurs fois estimée par les chercheurs durant ces dernières décennies (fig. 33), est aujourd'hui évaluée à une surface d'environ 32 km², une largeur minimale de 2 km près de l'amont du paquet glissé, atteignant 7 km au front, pour une distance parcourue de 11 km (Nicoud *et al.*, 1999 et voir fig. 34). Les communes d'Apremont, Myans, Les Marches et Chapareillan se situent actuellement sur la nappe

d'éboulis. Les calculs réalisés par Goguel et Pachoud (1972) et confirmés par Nicoud *et al.* (1999) ont évalué le volume du glissement à 500 millions de m³.

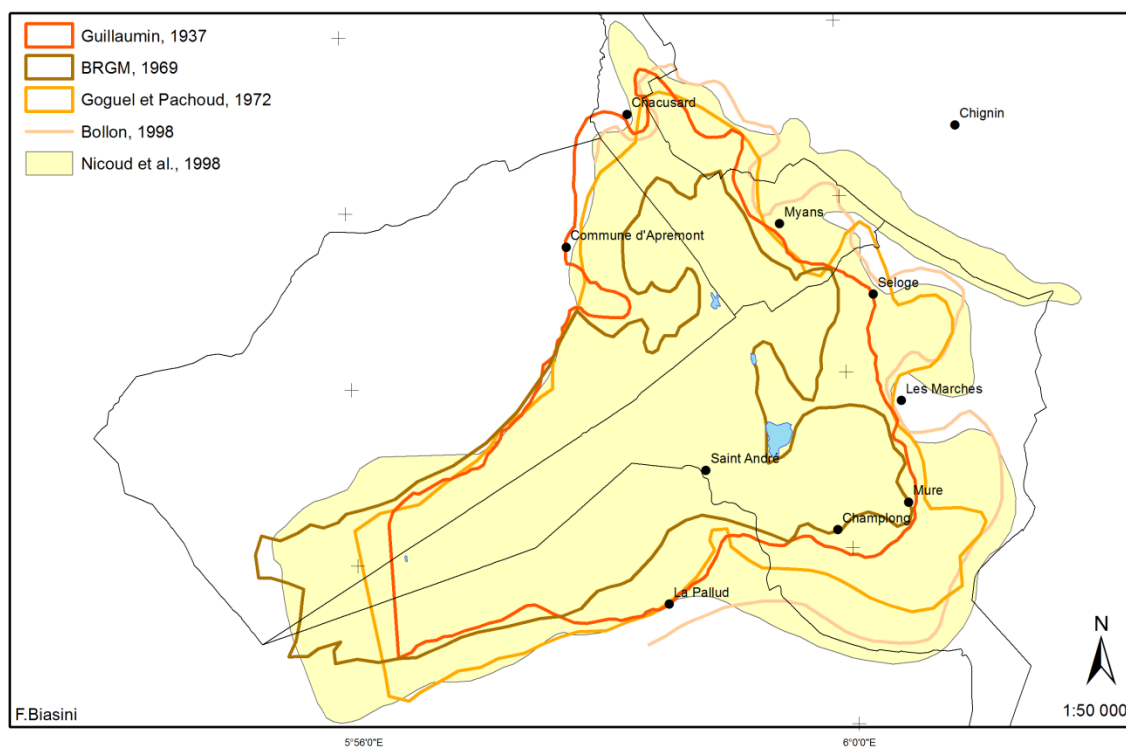


Figure 33 - Les différentes limites proposées pour l'extension du glissement de 1248 (Biasini, 2011)

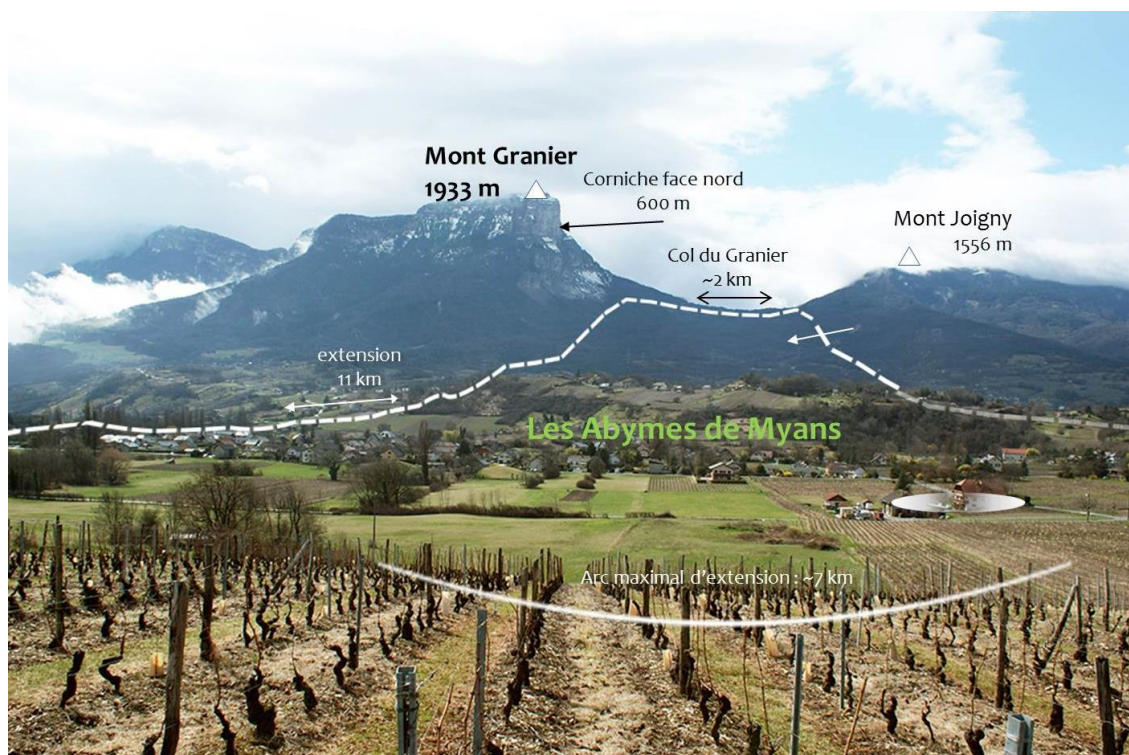


Figure 34 - Le glissement du Mont Granier dans le paysage actuel (source : A. Quiquerez)

Ce glissement de 1248 a donc remodelé entièrement la topographie des versants, générant des morphologies chaotiques en bosses et en creux, des replats et ressauts topographique (fig. 35) ainsi qu'un nouveau réseau hydrographique du versant et de la vallée (voir Nicoud *et al.*, 1999 ; Pachoud, 1999).



**Figure 35 - Le paysage bouleversé des
Abymes de Myans.**

**En haut, en rouge, blocs de calcaires
recouverts de végétation ; en jaune, les
« mollards »)**

(Biasini, 2011 ; clichés C. Petit).

**À gauche, la « Pierre Hâchée », bloc de
calcaire urgonien
(Biasini, 2011)**

Selon Nicoud *et al.* (1999), à la suite du glissement du Mont Granier, la nouvelle morphologie du site, faite d'éboulis et de déformations de terrain, a bouleversé le lit des ruisseaux et favorisé l'infiltration de l'eau ou son accumulation derrière des obstacles naturels, entraînant la formation de nombreuses retenues. Durant les siècles qui suivirent, les retenues qui ont été alimentées par des ruisseaux ou torrents, ont été comblées et sont devenues des zones humides, friches et prairies. Les retenues d'eau alimentées par résurgence (provenance karstique souterraine) ont subsisté jusqu'à nos jours (fig. 36 et 37).

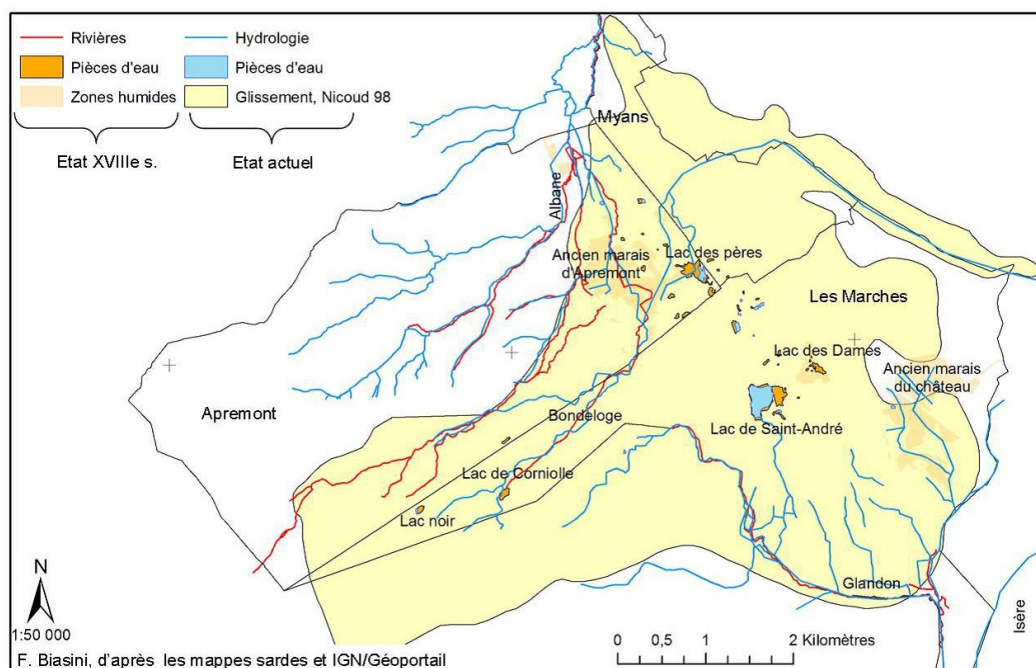


Figure 36 - Comparaison entre le réseau hydrographique du XVIIIème siècle et l'actuel (Biasini, 2011)

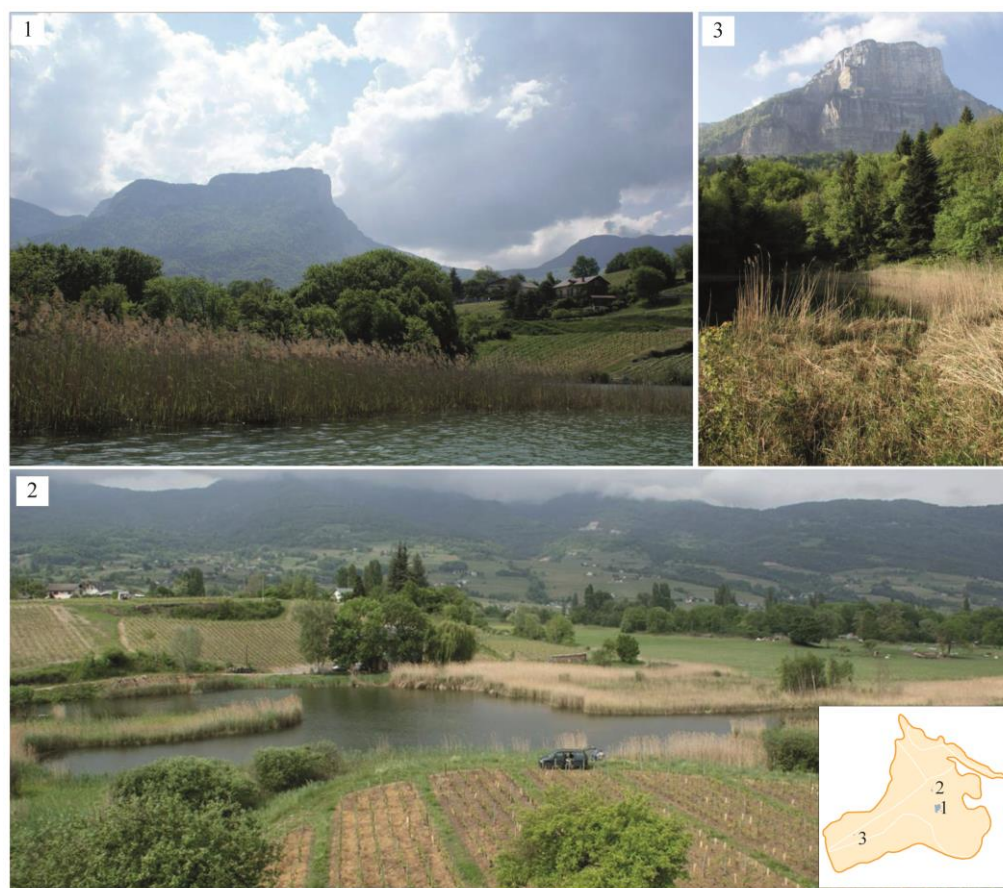
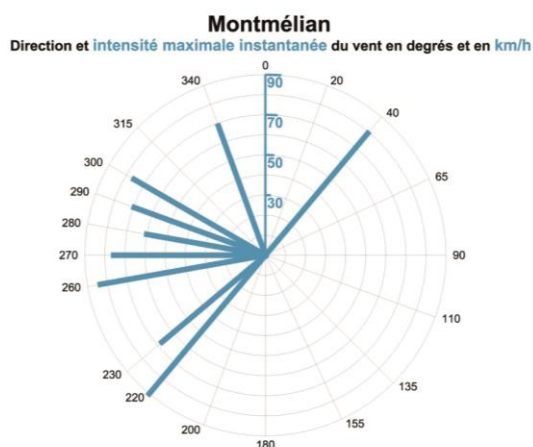
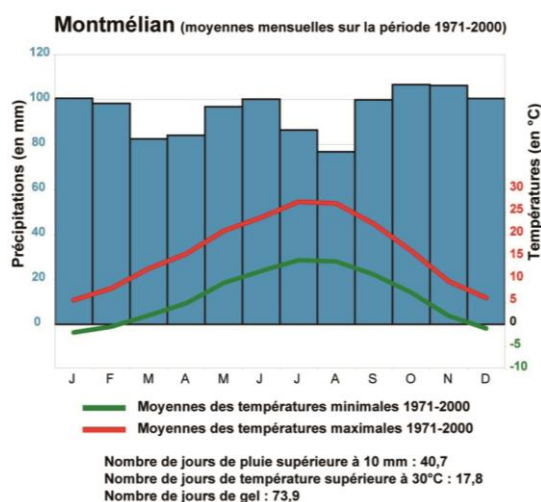


Figure 37 - Trois lacs formés post-éboulement. Le lac Saint-André (1 ; 295 m. d'alt.) et le lac des Pères (2 ; 332 m. d.) en contrebas de la coulée. Le lac Noir (3 ; 717 m. d'alt.), en voie de comblement sous les contreforts du Mont Granier (clichés Biasini, Quiquerez, Petit).

Climat et végétation actuelle



La zone d'étude est sous l'influence d'un climat de type montagnard avec des hivers neigeux et rudes, et des étés frais et humides. La température moyenne annuelle est de 11°C (7 à 15°C de mars à mai ; moyenne de 19°C entre juin et septembre) avec un nombre de gels annuels de 73 jours/an à Montmélian. Les précipitations mensuelles sont abondantes et bien réparties sur toute l'année (76 à 106 mm/mois en moyenne) avec toutefois de fortes variations interannuelles (fig. 38 -haut-).

Les vents de secteur ouest sont majoritairement rencontrés et accompagnés de vents du nord-est (bise) et sud-est (lombarde) (fig. 38 -bas- ; Réseau Ferré de France Rhône-Alpes Auvergne, 2008)

Figure 38 - (en haut) Données de températures et pluviométrie de la station Météo France de Montmélian ; (en bas) Direction et intensité des vents ; station Météo France de Montmélian (sources : Réseau Ferré de France Rhône-Alpes Auvergne, 2008)

La végétation actuelle est de type collinéen et passe à un type montagnard au col du Mont Granier. Autour des lacs de basse altitude, la végétation est constituée de pelouses et landes xérophiles à *Bromus* où sont installées de nombreuses parcelles de vignes. Plus au nord, on note la présence majoritaire de pelouses et cultures associées à des phragmitaies et des prairies marécageuses ainsi que quelques séries de pelouses à chênes pubescents associées au buis. En remontant en altitude, on rencontre de plus en plus de landes à chênes pubescents entremêlés de séries mésophiles du pin sylvestre, de séries mésophiles et neutrophiles du charme, de séries mésophiles et acidiphiles à chêne sessile, de la présence de châtaigniers et de pelouses mésophiles. Plus haut, les séries de hêtraies-sapinières dominent, associées à des hêtraies à dentaires. L'épicéa se concentre au sommet du Mont Granier, accompagné du pin à crochet (d'après Richard (L.), 1971).

1.2. Contexte paléoenvironnemental

Les montagnes alpines sont depuis le milieu du XX^{ème} siècle, un terrain de recherches paléoenvironnementales privilégié en raison de la diversité et de la richesse de ses milieux. Les grands traits de l'histoire de la végétation des Alpes du Nord (tab. 5, sont repris ici de l'étude de Court-Picon (2007).

	Chronozones	Datation	Histoire de la végétation
HOLOCENE	Subatlantique	Actuel - c. 2800 cal. BP (c. 750 cal. BC) âge du Fer	Influence importante des activités anthropiques Amplification des défrichements (pessières, pinèdes, sapinières et chênaies) Expansion de <i>Fagus</i> (hêtre), <i>Quercus</i> (chêne), <i>Corylus</i> (noisetier), <i>Carpinus</i> (charme) Développement de <i>Picea</i> (épicéa) à l'époque romaine Étage collinéen et montagnard inférieur Introduction et culture de <i>Juglans</i> (noyer), <i>Castanea</i> (châtaignier), <i>Vitis</i> (vigne)
	Subboréal	c. 2800 cal. BP (c. 750 cal. BC) - c. 5400 cal. BP (c. 3450 cal. BC) Néolithique final	Influence des activités anthropiques Étage montagnard: expansion de <i>Fagus</i> (hêtre) Étage collinéen: baisse des sapinières et dégradation des chênaies mixtes Étage subalpin: <i>Abies</i> (sapin) est remplacé par <i>Picea</i> (épicéa)
	Atlantique	c. 5400 cal. BP (c. 3450 cal. BC) - c. 8900 cal. BP (c. 6950 cal. BC) Mésolithique moyen/récent	Diffusion et optimum des sapinières chênaies mixtes (domaines externes et Bas Dauphiné) Étage mont.: <i>Quercus</i> (chêne), <i>Ulmus</i> (orme), <i>Tilia</i> (tilleul) Étage subalpin: <i>Fraxinus</i> (frêne), <i>Acer</i> (érable), <i>Betula</i> (bouleau) puis (à partir de c. 7000 BP) Étage mont.: déclin des chênaies au profit des sapinières, arrivée de <i>Fagus</i> (hêtre) Bas-Dauphiné: transition entre la chênaie mixte et les hêtraies-sapinières caractérisée par une phase à <i>Taxus</i> (if)
	Boréal	c. 8900 cal. BP (c. 6950 cal. BC) - c. 10200 cal. BP (c. 8250 cal. BC) Mésolithique moyen/ancien	Expansion du noisetier et de la chênaie mixte Développement de <i>Ulmus</i> (orme) <i>Tilia</i> (tilleul), <i>Hedera</i> (lierre), <i>Fraxinus</i> (frêne) Persistance des pinèdes aux moyennes et hautes altitudes
	Préboréal	c. 10200 cal. BP (c. 8250 cal. BC) - c. 11500 cal. BP (c. 9950 cal. BC) Mésolithique moyen / Épipaléo. récent	Reprise de la dynamique végétale après la période froide du Dryas récent <i>Betula</i> (bouleau) puis pinèdes A basse et moyennes altitudes progression d' <i>Alnus</i> (aulne), <i>Betula</i> (bouleau), <i>Pinus</i> (pin) puis <i>Quercus</i> (chêne), <i>Corylus</i> (noisetier), <i>Ulmus</i> (orme)
TARDIGLACIAIRE	Dryas récent	c. 11500 cal. BP (c. 9950 cal. BC) - c. 12900 cal. BP (c. 10950 cal. BC) Épipaléo. récent / moyen	Baisse de limite supérieure des arbres Régression des arboréens (<i>Betula</i>) Réapparition des steppiques (<i>Artemisia</i> , <i>Chenopodiaceae</i> , <i>Ephedra</i> , <i>Helianthemum</i> , <i>Caryophyllaceae</i>). Décroissance des pins en basse altitude
	Allerød	c. 12900 cal. BP (c. 10950 cal. BC) - c. 13800 cal. BP (c. 11850 cal. BC) Épipaléo. moyen/ ancien	Expansion soudaine des pinèdes <i>Pinus</i> , <i>Betula</i> puis (phase du Dryas Moyen ou Dryas Ancien Supérieur) Récurrence des herbacées et retrait de la broussaie
	Bolling	c. 13800 cal. BP (c. 11850 cal. BC) - c. 15300 cal. BP (c. 13350 cal. BC) - Paléolithique supérieur	Reboisement avec <i>Juniperus</i> (genévrier), <i>Hippophae</i> (argousier), <i>Salix</i> (saule) puis toundra à <i>Betula</i> (zones basses) Persistance de <i>Artemisia</i> (armoïse)
	Dryas ancien	c. 15300 cal. BP (c. 13350 cal. BC) - c. 18300 cal. BP (c. 16550 cal. BC) Paléolithique supérieur	Colonisation par une végétation herbacée de type steppique et artico-alpine (<i>Artemisia</i> , <i>Chenopodiaceae</i> , <i>Ephedra</i> ; <i>Helianthemum</i>) Présence soulignée de <i>Pinus</i> (apports lointains)

Tableau 5 - Histoire de la végétation dans les Alpes du Nord (d'après Court-Picon, 2007)

Située dans la partie nord des Alpes occidentales, notre zone d'étude à la limite des départements de la Savoie et de l'Isère trouve un contexte palynologiques dans les travaux particulièrement menées en Chartreuse (Eicher *et al.*, 1981 ; Girard *et al.*, 1981 ; Clerc, 1988 ; Argant *et al.*, 2008 ; Bintz et Griggo, 2011), autour du lac du Bourget (Richard, 1990, 1991 ; Richard et Gauthier, 2007 ; Gauthier *et al.*, 2013) et un peu plus à l'ouest, au lac de Paladru (Brochier *et al.*, 2007 ; Doyen, 2013). À quelques kilomètres de plus, dans

le département de l'Ain, voisin de la Savoie, les travaux menés sur le Lac de Cerin (voir Ruffaldi, 1993 et les nombreuses publications qui ont suivi), le lac de Pluvis (Borel *et al.*, 1990 ; Magny, 1995) ou encore les méandres du Rhône (Gauthier, 2012).

Le climat du dernier millénaire

La présence des grands lacs, comme le Bourget, et la proximité des grands glaciers alpins ont développé une recherche particulière autour des phénomènes climatiques anciens et récents. Les fluctuations des lacs, associées aux signaux érosifs, aux chroniques des crues et aux fluctuations des glaciers informent sur les phases climatiques du dernier millénaire. La figure 39, tirée de la thèse de Bruno Wilhelm (2012) montre pour les Alpes du nord, une faible activité hydrologique au début de l'Optimum Médiéval et une augmentation de la fréquence et de l'intensité des crues au Petit Âge Glaciaire avec des maxima entre 1300-1400 AD (puis une tendance à la baisse). Une corrélation entre les

chroniques de crue des Alpes et les fluctuations des lacs jurassiens est mise en évidence comme les périodes humides au début (1300-1600 AD) et en fin (1750-1850 AD) du Petit Âge Glaciaire, séparées par une phase plus sèche (Magny *et al.*, 2010).

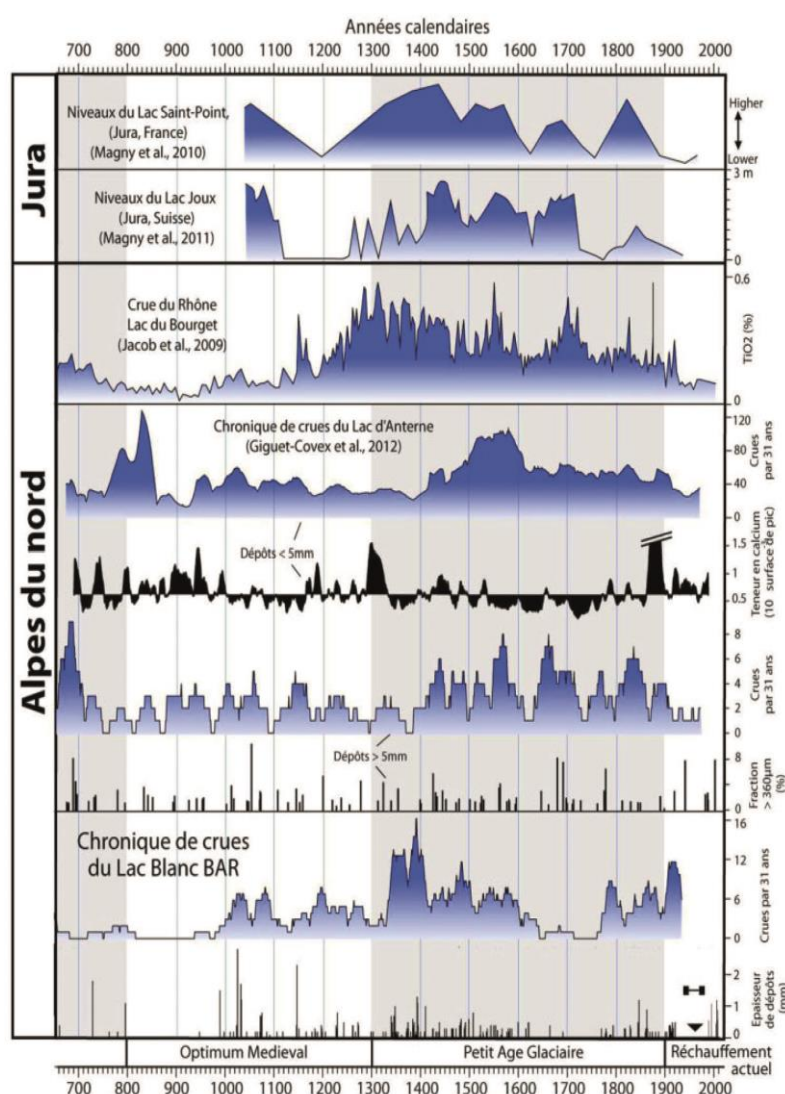


Figure 39 - Comparaison de la chronique de crues du Lac Blanc BAR avec des enregistrements hydrologiques nord alpins et jurassiens. Les fréquences de crues résultent d'une moyenne glissante à 31 ans (Wilhelm, 2012).

1.3. Histoire croisée de la Savoie et des villages au pied du Mont Granier (d'après Garlatti, 2007 sauf mention contraire)

Des terres Burgondes à la catastrophe de 1248

De 443 à 534, les terres de Savoie appartiennent aux Burgondes qui la nomment *Sapaudia*. Leur territoire s'étend rapidement des Alpes au couloir Rhodanien. Dans la zone du Granier, selon les sources, les burgondes s'installent au sud de Murs, au lieu-dit «La Salette » et probablement à Chignin (voir l'emplacement des villages actuels fig. 33 p.149). L'emprise burgonde se termine en 534 par la défaite de Gondomar III, dernier roi Burgonde, battu par les rois mérovingiens Childebert et Clotaire. Jusqu'en 561, la *Sapaudia* relève des pouvoirs francs (mérovingiens puis carolingiens) mais en 561, un nouveau royaume burgonde remonte par la Méditerranée et reprend son territoire. Il faut attendre les années 768-814 et le règne de Charlemagne, roi des Francs, pour que la *Sapaudia* soit directement administrée par des seigneurs carolingiens et unie sous la foi absolue du catholicisme. La *Sapaudia* est alors divisée en sept *pagi*, placés sous l'autorité de comtes, vicaires ou barons. La zone du Granier est alors divisée en une multitude de petites seigneuries. En 843, c'est le démembrement de l'empire carolingien (Traité de Verdun). Lothaire obtient l'Italie, la Savoie et la Provence. Le système féodal se met en place, sous l'autorité de seigneurs locaux.

En 1032, Rodolphe III, dernier roi de Bourgogne, meurt sans descendance. Conrad II, duc de Franconie et empereur romain germanique hérite du trône de Bourgogne. La Savoie est donc inféodée au Saint-Empire-Romain Germanique. Le comté et la Maison de Savoie font alors leur apparition.

À la veille de l'effondrement du Mont Granier, la cluse de Chambéry est donc un territoire densément peuplé, et parfaitement inséré dans le réseau des pouvoirs étatiques et ecclésiastiques régionaux (voir Mouthon, 1998 et 2010) qui, localement, dépendent de l'important diocèse de Grenoble et se divisent en 4 décanats dont Saint-André qui a sous sa juridiction 60 paroisses. Ainsi, Saint-André est la localité la plus importante à l'époque dans la zone du Granier ce qui laisse supposer la présence de vigne comme le soulignent Messiez et Dupraz (1998) par les actes de donation du Pouillé de Saint-Hugues en 1132 concernant des vignes situées autour de Saint-André. Plus généralement, la vigne est attestée dès le XI^{ème} siècle dans la cluse de Chambéry (Biasini *et al.*, 2012).

L'après catastrophe, la construction des frontières et l'extension des territoires (XIIIème-XVème siècles)

En 1248, dans la nuit du 24 novembre, a lieu le terrible éboulement du Mont Granier. Bien que la littérature évoque une perte humaine de quatre à six mille victimes, les travaux de Guilleré (1999) sur la démographie locale médiévale tendent plutôt à chiffrer une population d'un millier d'habitants sur la zone de l'éboulement.

Le territoire dévasté des *Abymes* est inféodé par Amédée IV au seigneur de Bellecombe. Les survivants de la catastrophe se réfugient sur la moraine entre Bovet, les Granges et le Bourg actuel des Marches. Ils y établissent une église, une cure et un cimetière. Le décanat de Saint-André, alors anéanti, est transféré à Montagnole et devient le décanat de Savoie. Les paroisses de la zone du Granier sont toujours sous l'autorité de l'évêché de Grenoble. Un peu plus de 10 ans après la catastrophe, entre 1263 et 1272, Pierre de la Ravoire achète une partie des terres abandonnées (le tiers du territoire des Marches actuel). Ces parcelles sont utilisées alors comme pâturages. La région ne semble pas encore particulièrement se spécialiser dans la viticulture.

Entre le XIIIème et le XIVème siècle, des guerres intenses animent les frontières. En 1267, les dauphinois profitent du vide créé par la catastrophe et attaquent Apremont. En 1289, les Abymes deviennent propriété delphinales.

En 1300, les communes d'Apremont, Entremont, Myans et Montmélian sont propriétés du Comté de Savoie tandis que les Abymes et Bellecombe-Chapareillan sont sous l'autorité du Dauphin. Ainsi, il faut créer une frontière entre les deux zones, une marche. Amédée V fonde un castrum et un siège de châellenie (terminés en 1315) en prélevant certainement les arbres de la forêt d'Entremont. Pour protéger le château, les constructions et les plantations d'arbres sont interdites au sud et aux alentours. Toute la région de Montmélian au Granier a ainsi été organisée en marches, transformant à jamais le paysage. En 1301 commencent les travaux de construction du bourg fortifié de la ville neuve des Marches. Les forêts autour de la forteresse des Marches semblent avoir été utilisées pour sa construction et les sources font mention de chênes et de châtaigniers (Guilleré, 1998). Ces travaux s'achèveront en 1305 mais le bourg fût attaqué aussitôt par les dauphinois. Amédée V construisit une bâtisse près du Glandon entraînant de l'autre côté, une construction dauphinoise. La frontière fût matérialisée par la plantation d'arbres (poiriers, ormes, noyers). La mise en valeur du territoire commence alors dès les premières cinquante années suivant la catastrophe, les permissions de pâtures apparaissent dans les

Abymes ainsi que la construction d'un moulin ; la vigne est déjà d'ailleurs présente. Guilleré (1998) fait mention d'une augmentation de 300 à 449 setiers de vin entre 1300 et 1350.

En 1355, est signé le Traité de Paris qui délimite la frontière entre Savoie et Dauphiné. Les savoyards sont mécontents et effectuent une razzia sur la Plaine des Mortes en 1390.

La guerre de Cent Ans (1337-1453) ne semble pas avoir d'impact sur la région (« *la France ne veut pas en découdre avec la Savoie* », Garlatti, 2007) et pendant le règne d'Amédée VIII (1391-1439), les princes de Savoie deviennent ducs. Le territoire de Savoie s'étend ; c'est l'apogée des États de Savoie. En 1434, en épousant Anne de Chypre, Louis de Savoie donne un titre royal à la Maison de Savoie. La population augmente. Une progression expliquée aux Marches par le fait que c'est une ville neuve. Des pèlerinages à Myans sont attestés dès le XV^{ème}.

Plus de deux siècles d'alternance française/savoyarde

Après la Huitième guerre d'Italie (1536-1538), qui oppose le Royaume de France (François 1^{er}) à l'Empire de Charles Quint, et l'invasion du Duché de Savoie (1536) par 40 000 soldats français, la Paix de Nice (15 juin 1538) est signée, rendant la Savoie possession de la France. Ainsi, de 1538 à 1559, la Savoie est française et rattachée au Dauphiné. En 1559, c'est la restauration des États de Savoie : les guerres d'Italie terminées, Henri II rend tous ses États au duc de Savoie. La vie autour du Granier reprend son cours et en 1560, le duc Emmanuel-Philibert décrète le monopole de la gabelle du sel (à court d'argent, il oblige tous les foyers à acheter leur sel dans les greniers ducaux). Sont ainsi créés les Actes de dénombrement de la châtellenie des Marches (1561) qui répertorient tous les individus et les bêtes. Face au pouvoir des ducs, les habitants des Marches s'organisent et semblent imposer leurs droits. Des licences collectives leur sont attribuées pour exploiter de grandes zones (qui deviendront les communaux en 1730). C'est à partir du XVI^{ème} siècle que la vigne commence alors à se développer à Apremont (apparition des *sartos* ; petites maisons vigneronnes).

De 1562 à 1598, les guerres de religion sévissent. Le 18 septembre 1591, le duc Charles-Emmanuel 1^{er} de Savoie est défait à la Bataille de Pontcharra (14 000 hommes entrent au sud des Marches en 1591).

En 1629, une expédition française envahit le duché de Savoie, dans le contexte de la guerre de Trente ans. La Savoie est sous tutelle de la France mais paisible. Puis, entre 1690 et 1696, Louis XVI occupe la Savoie (le bourg des Marches est occupé en 1690) répondant à la rébellion de Victor-Amédée II. Le traité de Turin (1696) met fin au conflit et oblige le duc à repasser dans le camp français. Enfin, entre 1703 et 1713, durant la guerre de succession d'Espagne, la France occupe une nouvelle fois la Savoie voulant l'annexer. Mais le Traité d'Utrecht (1713) restitue la Savoie à la Maison de Savoie. Victor-Amédée II reçoit la couronne de Sicile. En 1720, Victor Amédée II, à la suite du traité de Londres (1718), échange sa couronne avec celle de Sardaigne.

En 1730, Charles-Emmanuel III est roi de Sardaigne, duc de Savoie et prince de Piémont. Il est modernisateur et afin d'instituer l'impôt le plus juste, commence le chantier de la mappe sarde pensé par Victor Amédée II (1728). Les Mappes d'Apremont et Les Marches-Myans sont établies en 1732 ; cette dernière révisée en 1760.

De 1742 à 1749, la France laisse l'Espagne déclarer la guerre à la Sardaigne. C'est l'occupation espagnole, qui sera désastreuse. Du 19 au 26 décembre 1742, Apremont est mis à sac et le village du Crozet brûlé. Du 21 au 28 décembre, Saint-Badolph est pillé ainsi que Chacusard, Montlevin et Boège. Dans toutes ces zones, des vignes furent arrachées, les arbres fruitiers coupés. En 1760, le Traité de Turin proclame le Glandon comme frontière (ce qui servit de base à la création de la RN90 (Chapareillan-Chignin). Le traité agrandit aussi la commune des Marches, la dotant de Saint-André (Mappe de 1760). Mais les habitants de Chapareillan ne sont pas d'accord et 600 hommes partent aux Marches et à Apremont, coupant 60 ares de vignes, abattant des arbres et moissonnant deux parcelles de blé. On note toutefois le début d'un véritable essor de la vigne grâce à cette annexion. En 1773, Victor Amédée III prend le pouvoir. Le marquis des Marches, Eugène de Bellegarde, entame en 1780 une série de travaux ; il décide par exemple d'amener l'eau au bourg et achète la source de Maltaverne.

La révolution française

La révolution française a peu d'impact au début sur le duché de Savoie mais la suppression de la gabelle en France entraîne une série de révoltes savoyardes entre 1789 et 1792. Le roi sarde baisse donc le prix du sel.

En 1792 (21-22 septembre), l'Armée des Alpes françaises et la légion des Allobroges envahissent la Savoie en entrant par Les Marches et Apremont. Les troupes

sardes sont battues (« l'émigration des marmottes ») et Chambéry ouvre ses portes le 28 septembre. En octobre, une assemblée (l'Assemblée des Allobroges) se réunit à Chambéry pour voter l'abolition des privilèges en Savoie et l'égalité entre français et savoyards. Par un décret du 27 novembre 1792, la Savoie est annexée, devenant Département du Mont-Blanc. Un mouvement savoyard contre-révolutionnaire voit le jour dès 1793 et Victor Amédée III tentera une reconquête. La Terreur s'installe. Un décret annule le statut de frontière aux Marches qui est promu chef-lieu de Canton (comprenant : Chignin, Apremont, Saint-Badolphe, Saint-Jeoire et Saint-Pierre d'Entremont). Les bâtiments religieux des Marches et Myans, qui deviennent biens nationaux, sont pillés et sont vendus à des particuliers. Les communaux des Marches, pâturages avant la révolution, deviennent cultivables par des particuliers, moyennant une taxe communale. À partir de 1798, ces communaux sont divisés, alloués et vendus à des particuliers, expliquant le parcellaire actuel des Abymes.

Il faudra attendre 1801 et le Concordat pour retrouver une certaine paix. Myans devient une paroisse à part entière en 1801 et la Vierge est réinstallée en 1803.

Le royaume Sarde, l'annexion de la Savoie et la veille de la Première guerre mondiale

Suite au sacre de Napoléon (1804), ses ennemis se déchaînent et les guerres sévissent dans toute l'Europe. En 1812, profitant de l'affaiblissement des troupes de l'empereur suite à la défaite de Russie, les Autrichiens en profitent pour envahir la Savoie et, en 1813, le général autrichien Bubna contrôle la région. Ce dernier aidera les pro-savoyards à la libération de la Patrie et un premier traité (Paris, 1814) rendra une partie de la Savoie au roi sarde avant de lui rendre totalement en 1815 après le départ de Napoléon. Lors du 1er traité de 1814, dans la zone du Granier, Les Marches, Chignin et Saint-Jeoire rejoignent la partie savoyarde. En revanche, Apremont, La Ravoire, Saint-Badolphe et Challes sont attribués à la France.

Dans la zone du Granier, la vie suit son cours et plusieurs travaux sont réalisés :

- 1825-1829 : reconstruction de l'église des Marches
- 1841-1843 : travaux pour l'arrivée des eaux aux Marches (rénovation des anciennes canalisations de Bellegarde)
- 1829-1854 : l'Isère est endiguée (les zones basses des Marches étaient inondées)
- à partir de 1845, des travaux d'assainissement des zones humides sont réalisés : aux Abymes, aux « délaissées de l'Isère », marais du chêne, cours du Bondeloge entre Chignin et Myans. Les marais sont asséchés. Un drainage des terres est effectué au sud du château des Marches.

- en 1850 un canal est creusé dans les Abymes des Marches vers le lac Saint-André pour évacuer le surplus d'eau.
- en 1856, la voie ferrée Chambéry-Saint Jean de Maurienne est construite, on note l'arrivée de 86000 pèlerins cette année-là à Myans (Gare de Chignin).

En 1860, le Traité de Turin officialise le rattachement de la Savoie à la France. Un vote est aussi mis en place afin d'éviter les tensions : 130 523 personnes sur 135 449 votants se proclament pour l'annexion. La commune des Marches ne constitue plus une frontière.

Au milieu du XIX^{ème} siècle, les structures de foyers traditionnels commencent à évoluer. Elles passent de structures familiales pratiquant la polyculture à un schéma plus moderne. L'agriculture se modernise, par les machines, le chemin de fer, etc... Aux Marches, l'ensemble des lieux importants est concentré au Bourg. Certains bâtiments sont créés autour, dans l'« avant-bourg » (école, pompiers...). En 1867, le système des eaux étant non satisfaisant, la source de Saint-André est achetée afin de couvrir les besoins des Marches-Myans.

Plusieurs événements viennent bouleverser la fin du XIX^{ème} siècle. En 1870, c'est la guerre franco-prussienne qui ne semble toutefois pas avoir eu de conséquences sur la zone du Granier. À la fin des années 1870, la grande crise du Phylloxéra crée des dégâts dans les vignes du Granier. Mais, la maladie profite en quelque sorte à la zone en créant un effet de concurrence avec les alentours et la viticulture prend son essor à Myans. Enfin, en 1881 (29 avril), Les Marches et Myans sont séparés. Et en 1895, la ligne de Tramway Grenoble-Chapareillan est construite.

Depuis le début du XX^{ème} siècle

La Savoie, en partie zone neutralisée par la première guerre mondiale (1914-1918), n'a pas réellement subi d'attaques dévastatrices mais les savoyards partent aussi à la guerre. Aux Marches, on compte une quarantaine de morts.

Après la 1^{ère} guerre mondiale, la zone neutralisée est abolie. En 1919 sévit la grippe espagnole tuant près de 2000 personnes en Savoie (majoritairement des femmes). Entre 1911 et 1920, on déplore une centaine d'habitants en moins aux Marches.

Au niveau local, la seconde guerre mondiale (1939-1945) semble moins meurtrière que la première mais plus « insupportable ». Le 1^{er} Juin 1940, les allemands bombardent la Savoie, suivis le 21 Juin par l'aviation de Mussolini. Entre 1942 et 1943, les italiens

occupent la Savoie et en 1942, on compte 300 déportés. Plus localement, on note par exemple le fonctionnement de charbonnières entre 1941 et 1942 autour du lac Noir, pour fournir les moteurs à gazogènes.

Après la seconde guerre mondiale, la zone se modernise et la viticulture s'organise. La création d'un syndicat de viticulteurs prend forme entre 1945 et 1948 (en 1930, on voit apparaître les premières revendications et singularisation pour le Vin des Abymes). L'appellation *Vins De Qualité Supérieure* (VDQS) est donnée à Apremont et aux Abymes. En 1973, l'obtention de l'AOC pour les vins signe l'arrêt des autres activités agricoles.

Au début des années 1980, la région subit la crise. Les Marches ne compte plus qu'un seul commerce ; la culture du blé est stoppée ; les vaches disparaissent des prés ; la fruitière ferme. Avec la périurbanisation (proximité de Chambéry), la zone se redéveloppe assez rapidement. Une zone d'activité est bâtie (zone du Plan Cumin) ; les commerçants se réimplantent. Les ventes de vin explosent. Entre 1998 et 2008, la zone passe de 230 à 250 hectares de vignes. Sur les 30 % du territoire de la commune des Marches qui sont consacrés à l'agriculture, 90 % sont dédiés à la viticulture.

À propos de l'archéologie sur la zone d'étude

Le glissement du Mont Granier de 1248 a englouti des scènes de vie médiévales qui appelleraient n'importe quel archéologue à investir les lieux. Les récits évoquent la destruction de nombreux villages et une perte humaine importante et les légendes autour de la catastrophe aiguïssent la curiosité. Entre autres, le lac Saint-André recouvrirait les vestiges du village du même nom, dont les oreilles des plus chanceux entendent le son des cloches de l'église engloutie à la veille de toutes les Sainte-Catherine (Garlatti, 2007). Garlatti (2007) souligne également que la découverte de vestiges sur les limites de l'éboulis depuis ces derniers siècles a alimenté les curiosités et les projets de recherche, plus ou moins farfelus. L'abbé Trépier, par exemple, eût le projet de creuser d'énormes tranchées dans le secteur des Marches et plus étonnant, un certain Antoine Gouvert, en 1818 fit miner un *mollard* (reliefs géologiques issus de l'éboulement) à la recherche de réponses, malheureusement restées de pierre.

Avant la construction de la ligne ferroviaire reliant Lyon à Montmélian (ligne TGV Rhin-Rhône), une étude sommaire d'évaluation archéologique de la zone traversée par les travaux a été réalisée (1996) n'incluant pas toutefois de prospections archéologiques (études essentiellement géomorphologiques, documentaires et archivistiques ; voir : SNCF,

1998). Concernant l'aire d'extension de l'éboulement du Mont Granier (secteur 7 : Vallon de Myans, Vallée de l'Isère), l'étude indique que « *Si le secteur couvert par la coulée du Mont Granier ne laisse, à notre avis, que peu d'espoir de retrouver autre chose que les fondations des constructions médiévales sinistrées, les zones environnantes apparaissent en revanche potentiellement plus intéressantes du point de vue de l'archéologie* » (partie III.7) avant d'ajouter « [...] *il semble que les sites attestés par les textes aient été très détruits par l'impact de la coulée et qu'il y ait peu de chance de retrouver des vestiges "in situ"* » (Annexe IV).

D'un axe de pénétration majeur dès les périodes préhistoriques (site de Françin ; Malenfant *et al.*, 1970) à un rôle stratégique de frontière (Savoie-Dauphiné), ce secteur apparaît en effet comme riche archéologiquement pour toutes les périodes préhistoriques et historiques (voir l'étude de Biasini, 2011) dont le potentiel a été depuis souligné à de nombreuses reprises lors de projets de constructions divers (Association du Patrimoine de Les Marches et voir l'édition en ligne du 25 mai 2011 de *La Voix des Allobroges* à propos de la construction d'un golf sur la commune de Les Marches). Dans la dernière décennie, les investigations archéologiques ont mis au jour des vestiges antiques dans le secteur de l'éboulement dont certaines viennent bouleverser un peu les théories sur l'extension de l'éboulement. Des vestiges d'un habitat gallo-romain ont ainsi été découverts en 2008 dans une zone que les géologues pensaient recouverte par la coulée de 1248 (Biasini, 2011), laissant le champ ouvert encore un peu plus à l'avenir archéologique de la zone.

2. L'étude du lac Saint-André

2.1. Présentation du site

Le lac Saint-André, appelé autrefois le *Grand lac* est issu de l'éboulement du Mont Granier ayant eu lieu en 1248. Il est situé sur la commune des Marches à une altitude de 295 mètres (fig. 40).

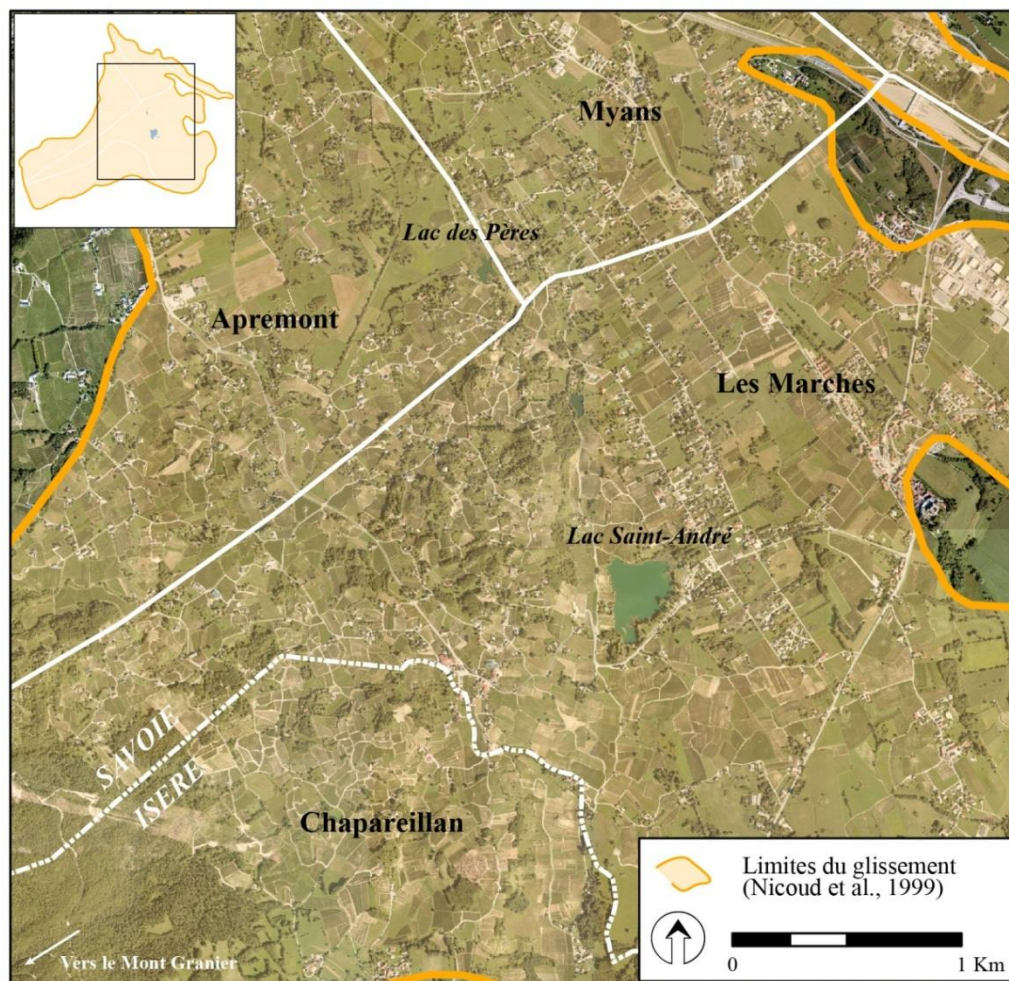


Figure 40 - Localisation du lac Saint-André

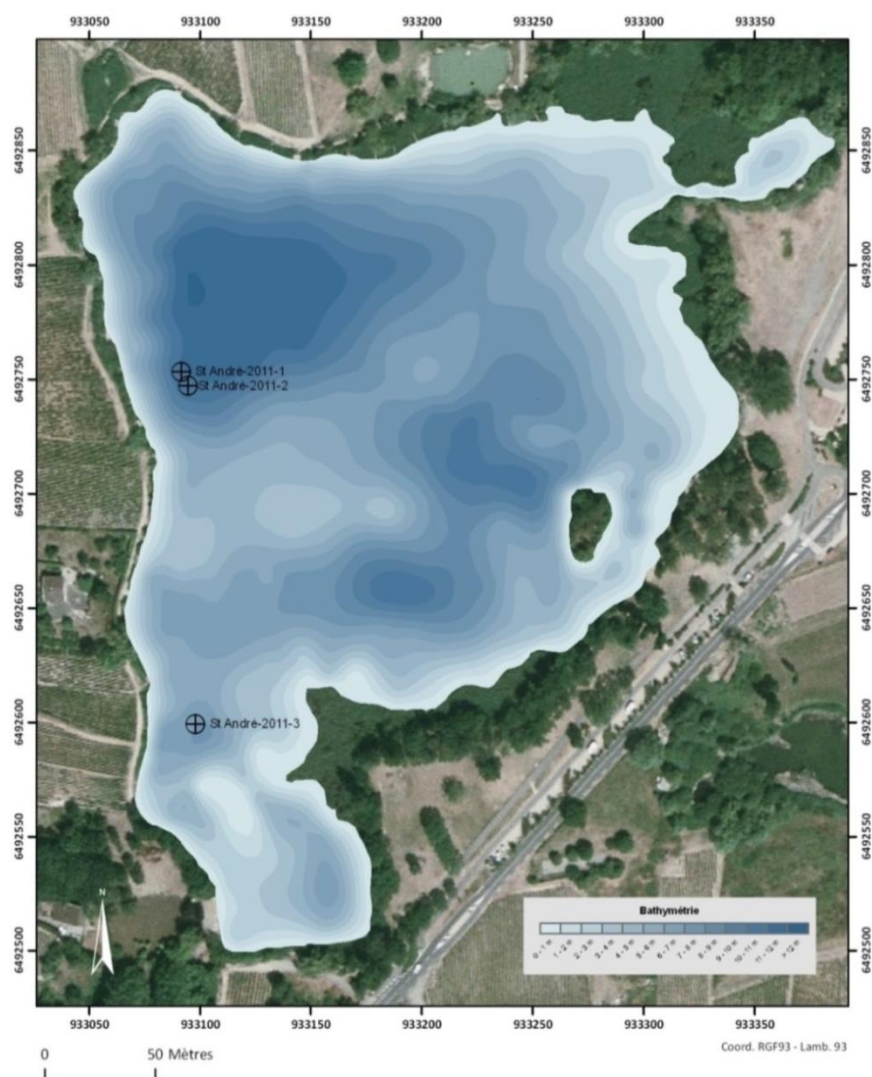
Actuellement, le lac, soumis à une pression anthropique assez forte (agriculture et tourisme), est ciblé par diverses politiques de gestion. Il fait partie par exemple des 27 sites retenus dans le cadre de la politique départementale de valorisation du patrimoine naturel savoyard ; de la ZNIEFF de type 1 *Prairies humides et bocages de Abymes et de Myans* (n°73000040 ; Parc Naturel Régional de Chartreuse) (sources : PLU de la commune de Les Marches).

Caractéristiques du lac et forages

Le lac Saint-André a une superficie d'environ 8 hectares pour des dimensions de l'ordre de 350 mètres de long pour 250 mètres de large. Sa profondeur maximale approche les 12 mètres (fig. 41). Les forages ont été réalisés dans plusieurs zones du lac.

La séquence choisie dans le cadre de notre étude a été prélevée à une profondeur de 10,78 mètres (St-André-2011-1, fig. 41).

**Figure 41 –
Le lac Saint-André :
bathymétrie et
localisation des
forages
(source : V. Bichet)**



Hydrographie et occupation du sol

Aucun cours d'eau n'aboutit au lac Saint-André, il est donc alimenté par une ou plusieurs sources émergeant de la colline (Pachoud, 1999). En 1980, un exutoire a été aménagé au sud du lac, envoyant ainsi les eaux du lac dans le ruisseau du Glandon, se déversant lui-même dans l'Isère (source : PLU de Les Marches et voir fig. 36). Cette situation et la topographie particulière du site rendent la définition du bassin versant complexe. La délimitation réalisée dans notre étude a été construite grâce au logiciel SIG

ARCGIS et propose une surface d'environ 73 hectares (fig. 42). Autour du lac, l'occupation actuelle est dominée par les vignobles, notamment sur les versants ouest et nord du lac (fig. 42 et 43).

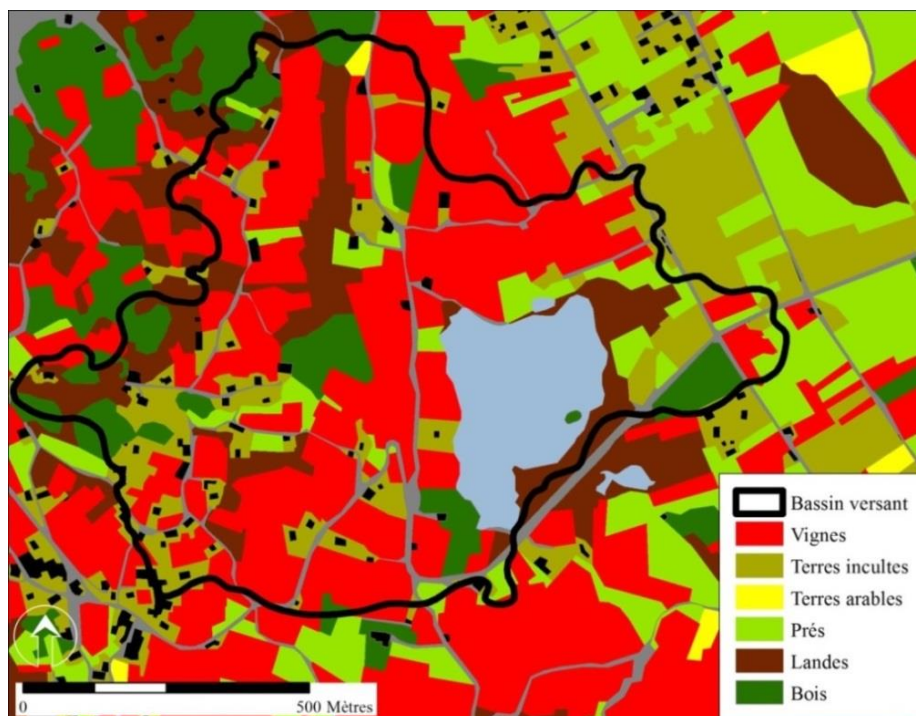


Figure 42 - Occupation du sol actuel autour du lac Saint-André et limites du bassin-versant.

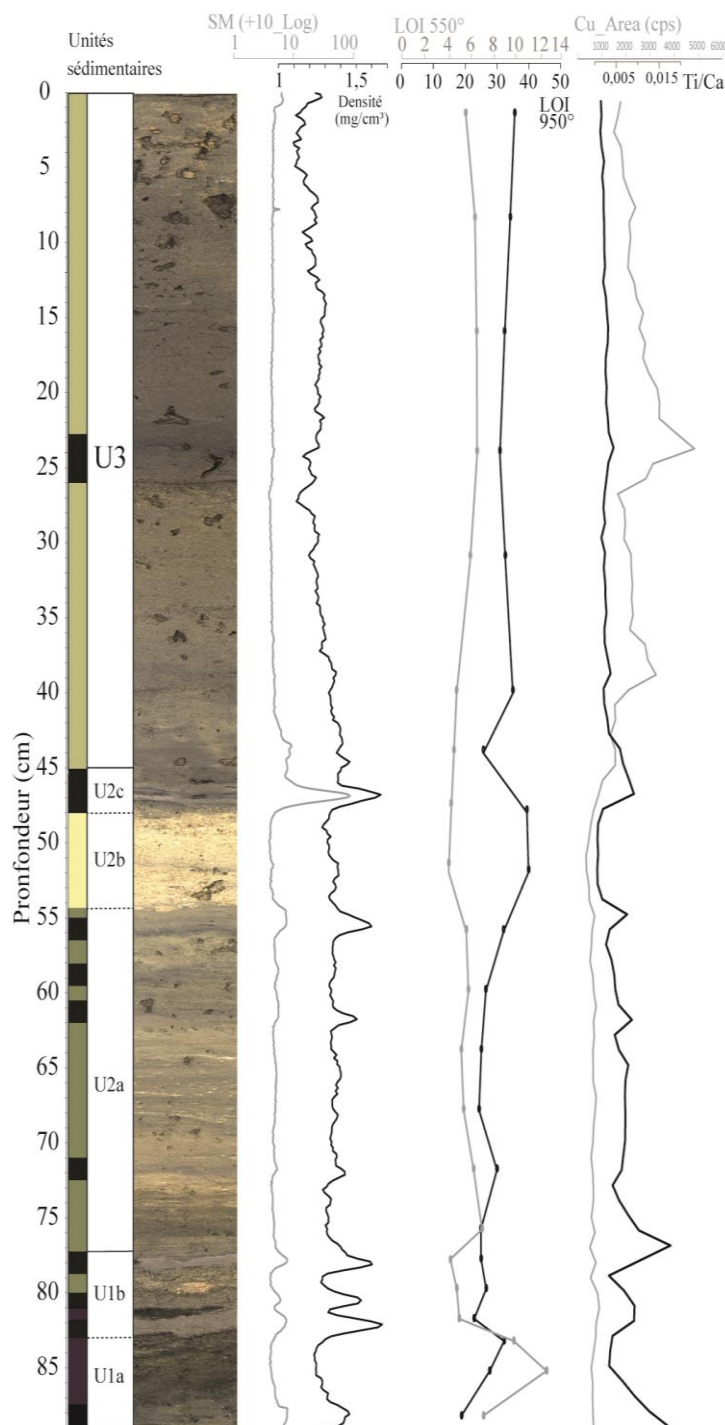


Figure 43 - Vue du lac Saint-André. Au second plan, à droite, les vignobles situés sur le versant ouest du lac. À l'arrière-plan, le Mont Granier (1933 m.) (cliché A. Quiquerez).

2.2. Résultats des analyses paléoenvironnementales

2.2.1. Caractérisation de la séquence

La carotte du lac Saint-André (LSA-1) présente trois grandes unités sédimentaires (fig. 44).



U1 (77 à 89 cm) : entre 83 et 89 cm (U1a), on note la présence d'une couche grise assez compacte à la base puis un sédiment gris/marron foncé avec une chute de la densité et augmentation de la matière organique. Entre 77 et 83 cm (U1b), une alternance de couches argileuses grises, de couches beiges et de couches noires organiques est liée à une forte variabilité de la densité et une chute de la teneur en matière organique.

U2 (45 à 77 cm) : Entre 54 et 77 cm (U2a), le sédiment est plus compact, avec une alternance de couches grises, denses, et beiges. Entre 48 et 54 cm (U2b), une couche beige clair relativement homogène, très carbonatée (hausse du taux de carbonates) ainsi qu'une chute du rapport Ti/Ca indique une baisse des apports terrigènes. Entre 45 et 48 cm (U2c), des couches grises foncées à tendance plus argileuse et riches en éléments noirs organiques sont marquées par un pic de SM (phase détritique).

U3 (0 à 45 cm) : le sédiment est assez homogène et limoneux, de couleur gris/beige et de granulométrie assez fine. On voit la présence de quelques zones plus foncées et laminées. Les valeurs de Cu sont en augmentation (2 pics : 36 à 40 cm et 22 à 26 cm), en lien avec les traitements viticoles (Sabatier *et al.*, 2014).

Figure 44 - Lac Saint-André : unités sédimentaires, susceptibilité magnétique (SM), densité, perte au feu (LOI) et XRF (Ti/Ca et Cu).

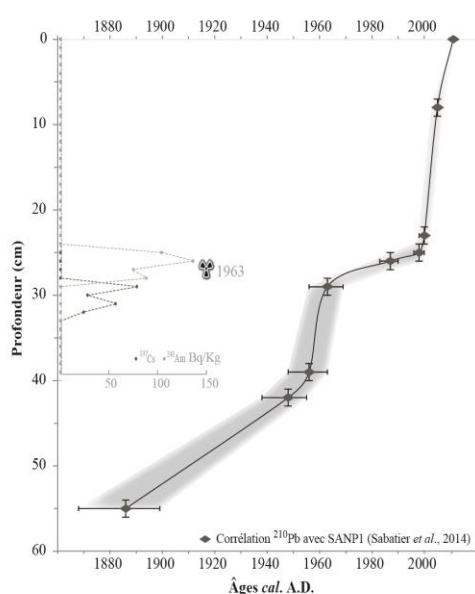
2.2.2. Datation

La datation au ^{210}Pb a été réalisée sur de la carotte SANP1 (Sabatier *et al.*, 2014). La corrélation entre LSA1 et SANP1 a été effectuée par observation des données sédimentaires (Spectrométrie, XRF, LOI). Un choix de 9 points répartis sur les 60 cm supérieurs des séquences a permis une transposition des dates de SANP1 sur LSA1 et la construction d'un modèle âge-profondeur sur les 55 centimètres supérieurs (fig. 45b). De plus, la datation au ^{137}Cs de la carotte LSA1 a précisé et confirmé les calages chronologiques (fig. 45b). En partant du postulat que l'éboulement du Mont Granier et la formation du lac ont eu lieu aux alentours de 1248, la décision a été prise de fixer la datation du fond de la carotte à 1248. L'observation du sédiment, la comparaison avec les autres séquences disponibles et la date ^{14}C située à 87-88 cm (fig. 45a) offrant une datation calibrée de 1041-1219 *cal. AD.*, sont venus confirmer ce choix. Cette date, certes plus ancienne que l'éboulement supposé, a été réalisée sur un morceau d'écorce de hêtre assez volumineux ayant pu être transportée durant la catastrophe (identification réalisée par O. Girardclos, Laboratoire Chrono-environnement).

a. Datations radiocarbone

Profondeur (cm)	Matériel	Code laboratoire	Âge ^{14}C B.P.	Âge calibrés A.D. (2 σ)	Moyenne probable A.D.
43,5-44,5	Bois	Lyon-9861	195 +/-30	[1648-1690] - [1729-1810] - [1924-1955]	1711
87-88	Bois	Lyon-9862	885 +/-30	[1042-1106] - [1117-1219]	1155

b. Datation des niveaux récents (^{137}Cs et ^{210}Pb)



c. Modèle âge-profondeur de la séquence

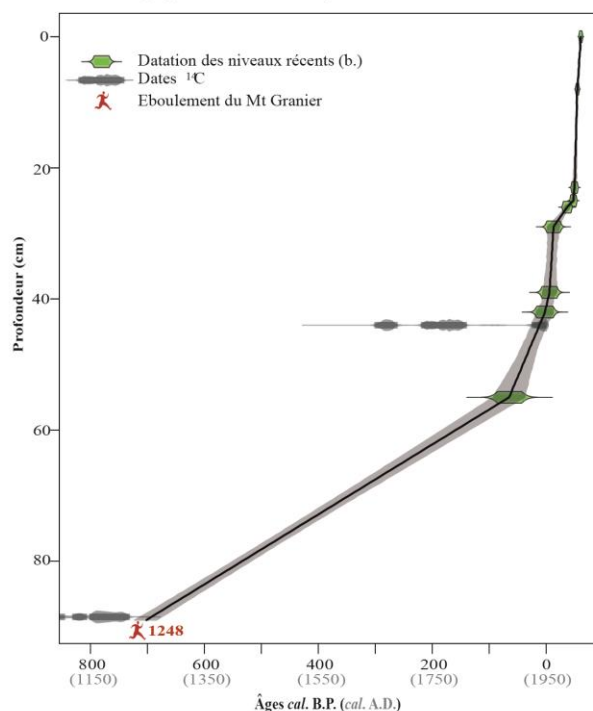


Figure 45 - Datation de la séquence du lac Saint-André

2.2.3. Analyse des grains de pollen, spores et microfossiles non-polliniques

Le diagramme simplifié (diag. 4 ; annexe 3a ; vol. 2) est présenté en échelle chronologique pour une meilleure lisibilité étant donné la forte dilatation de la carotte dans les 50 premiers centimètres. Un diagramme détaillé (diag. 5) est présenté en Annexe 3b (vol. 2).

Description des ZAP (valeurs relatives)

LSA 1 (89-83,5 cm ; c. 1248 -1360 cal. AD)

LSA1a (89-86 cm ; c. 1248 -1300 cal. AD)

En début de zone, le rapport AP/T est bas (60%) puis augmente progressivement. La zone se caractérise par un fort pourcentage d'*Hippophae rhamnoides* ($\pm 10\%$). Les taxons dominants sont *Fagus*, *Quercus*, *Corylus* et *Juglans*. On note une présence plus importante de *Salix* ainsi que de légers pics de *Sambucus nigra* et *Cornus mas*. Une chute de *Juniperus* est visible en milieu de zone. Les Poaceae atteignent 20 % en début de zone puis décroissent légèrement. On observe des courbes faibles mais régulières de *Cerealia*-type, *Secale cereale* et *Cannabis sativa*-type. Les HIPA, peu diversifiées, sont dominées par *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type. On note quelques occurrences de *Urticaceae*, *Papaver rhoeas*-type, *Centaurea cyanus* et en fin de zone, *Trifolium repens*-type. Les autres herbacées sont dominées par les Ranunculaceae. Les hygrophiles et aquatiques montrent une dominance de Cyperaceae, chutant en milieu de zone. On observe en début de zone, de légers pics d'*Equisetum* et *Sparganium*-type. Les spores sont bien présentes.

Les MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles sont très faiblement représentés (en début de zone, *Delitschia* et en fin de zone *Sporormiella* et *Coniochaeta* cf. *ligniaria*). Les autres MNP sont aussi peu représentés. En début de zone, quelques occurrences de saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers sont présents (*Kretschmaria deusta*, TM-4124, *Brachysporium obovatum* et TM-037C). *Glomus* sp. montre quelques occurrences. Cette zone se caractérise par une abondance d'algues, dominée par *Botryococcus* qui montre des valeurs maximales. *Spirogyra* et LCE-06 accompagnent cet événement. Les restes zoologiques sont uniquement représentés par une occurrence de Chironomideae indif.

LSA1b (86-83,5 cm ; c. 1300-1360 cal. AD)

Cette zone se caractérise par nette croissance du rapport AP/T due à l'augmentation d'un grand nombre de taxons d'arbres et arbustes. *Alnus*, *Pinus*, *Corylus*, *Juniperus* montrent les plus fortes hausses. On note une légère hausse de *Betula*, *Fagus*, *Picea*, *Carpinus* et *Juglans*. Certains taxons sont en baisse légère (*Castanea*, *Abies*) et les chutes d'*Hippophae rhamnoides* et *Salix* sont évidentes. On note l'apparition de *Populus*, *Viburnum* et *Helianthemum*. En parallèle les valeurs de Poaceae régressent. Les premiers grains de pollen de *Vitis* apparaissent discrètement mais de façon continue entre 85 et 86 cm (soit entre 1300 et 1320 cal.AD). Les courbes de céréales alternent avec *Secale cereale* en début de zone et *Cerealia*-type en fin de zone. *Cannabis sativa*-type est toujours faiblement présent. De façon générale, les HIPA et les autres herbacées tendent à la baisse, surtout

en fin de zone. Chez les hygrophiles et aquatiques, on note un pic de Cyperaceae en début de zone, accompagné d'*Equisetum*, *Rumex aquaticus*-type, *Potamogeton*-type et *Typha latifolia*-type puis les valeurs chutent. Les spores disparaissent.

La zone se caractérise par une absence totale de MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles et une quasi absence d'autres MNP fongiques (quelques occurrences de *Krestchmaria deusta*, *Asterosporium asterospermum*, *Arthirium* cf. *puccinoides*, *Melanographium* cf. *citrii* et *Geoglossum sphagnophillum*). Parmi les algues, on note une baisse de *Botryococcus* et LCE-06 et un pic de Zygnematales indif. en début de zone. Quelques restes zoologiques apparaissent (cf. *Gyratrix hermaphroditus*, *Arcella* sp. et Chironomideae indif.).

LSA 2 (83,5-72 cm; c. 1360-1570 cal. AD)

LSA2a (83,5-81cm ; c. 1360-1400 cal. AD)

Cette zone se caractérise par une baisse du rapport AP/T induite principalement par une chute de *Fagus* et une baisse de *Alnus*, *Quercus*, *Corylus*.. En début de zone, certaines essences accompagnent cette baisse (*Salix*, *Pinus*, *Carpinus*). En fin de zone, on note un pic d'*Hippophae rhamnoides* en parallèle de légers pics d'*Alnus* et d'une disparition de *Picea* et *Ulmus*. *Juglans* débute son développement. Les Poaceae augmentent. Les grains de pollen de *Vitis* sont toujours présents et augmentent légèrement en fin de zone. Les céréales sont faiblement représentées tandis que *Cannabis sativa*-type commence à être plus marqué. Les HIPA ne manifestent pas de changement particulier ; *Rumex acetosa*-type est bien présent, on note un léger pic de *Plantago major-media*-type. Pour les autres herbacées, on note des occurrences particulières de *Thalictrum*, *Scrophulariaceae*, *Apiaceae*, *Filipendula* et *Globularia*. Les Ericaceae chutent en fin de zone. Les hygrophiles et aquatiques sont en hausse avec principalement les Cyperaceae ; quelques pics de *Equisetum* et *Potamogeton*-type sont présents en fin de zone. Au même moment, on observe une hausse des spores monolètes et trilètes.

Les MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles réapparaissent. *Sporormiella* domine, accompagné de *Podospora*, *Sordaria* et *Arnium*. On observe des pics concomitants de *Coniochaeta* cf. *ligniardia* et de façon plus importante, de *Coniochaetae/Xylariaceae* indif. De la même façon, on note une présence de plusieurs taxons saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers avec un cortège composé de *Kretschmaria deusta*, *Trichocladium* sp., cf. *Trichocladium opacum*, cf. *Endophragmia/Phragmocephallia* et TM-014 en début de zone puis un pic de cf. *Bactrodesmium* sp. En parallèle, on observe un premier pic important de *Glomus* sp. Les autres MNP sont peu représentés. En début de zone, HDV-200, HdV-18 et LCE-12 apparaissent. En fin de zone, cf. TM-4010 est accompagné de l'apparition de *Diporotheca rhizophila* et *Valsaria variopora*. Les algues sont en baisse avec une chute de *Botryococcus* mais un premier pic de TM-249 apparaît en début de zone. Seul *Arcella* sp. en fin de zone signale la présence de restes zoologiques.

LSA2b (81-75 cm ; c. 1400-1510 cal. AD)

De façon générale, le rapport AP/T continue sa décroissance avec une baisse particulière de *Corylus* mais on note une présence importante de *Pinus*, *Quercus* et *Juglans*. En milieu de zone, vers 1450 cal. AD (78 cm), on observe une légère reprise d'*Alnus*, *Fagus* et un pic de *Picea*. En

parallèle, on note une diminution de *Corylus*, *Juniperus* et *Juglans*. *Vitis* est moins présent en début de zone puis réapparaît de façon plus importante à partir d'environ 1470 cal. AD (77 cm). Les céréales et *Cannabis sativa*-type sont en hausse croissante mais montrent une chute vers 1450 cal. AD (78 cm). En parallèle à cette chute, les HIPA augmentent avec une hausse de *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type et *Trifolium repens*-type. On note toutefois une chute d'*Artemisia*, *Urticaceae*. Un pic de *Brassicaceae* est visible avant cela, accompagné d'une occurrence d'*Onobrychis*. Chez les autres herbacées, l'évènement situé vers 1450 cal. AD entraîne une chute des Ranunculaceae et une baisse des Ericaceae mais la présence d'Asteraceae *sf.* Asteroideae, Asteraceae *sf.* Cichorioideae, Caryophyllaceae, Rosaceae. En fin de zone, on note une reprise importante de Ranunculaceae associé à *Thalictrum* ainsi que la présence plus constante de *Filipendula*. Les hygrophiles et aquatiques baissent de façon générale mais chutent aussi vers 1450 cal. AD (présence de *Nymphaea* et *Potamogeton*-type). En parallèle, les spores, peu représentées sur toute la zone, montrent un pic important à ce moment précis.

Quasiment tous les MNP montrent des pics intenses vers 1450 cal. AD. Les plus marqués sont, pour les coprophiles, *Delitschia*, cf. *Delitschia*, *Sporormiella* et *Cercophora* ; pour les saprophytes et parasites forestiers, *Kretschmaria deusta* et TM-4124. *Glomus* sp. suit cette tendance, accompagné particulièrement de HdV-200.

LSA2c (75-72 cm ; c. 1510-1570 cal. AD)

La zone se caractérise par une augmentation du rapport AP/T atteignant des valeurs maximales en fin de zone. *Alnus*, *Pinus* et, dans de moindre mesure *Salix*, sont en hausse, suivis d'*Abies* et *Juglans* en fin de zone. *Fagus* et *Quercus* tendent à la baisse. Après une relative disparition, *Vitis* augmente particulièrement en fin de zone. Les céréales sont en légère baisse tandis que *Cannabis sativa*-type poursuit sa croissance. On note l'apparition de *Fagopyrum* en fin de zone. Les HIPA se caractérisent par un pic important d'*Urticaceae* en début de zone tandis qu'une baisse globale des autres taxons est visible. Les autres herbacées suivent cette tendance malgré une présence plus marquée des Apiaceae et *Filipendula*. En début de zone, les hygrophiles et aquatiques augmentent avec les Cyperaceae et de légers pics de Sparganium-type, *Typha latifolia*-type et *Lemna minor*. Les spores sont peu représentées.

Pour les MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles, on observe une chute globale en milieu de zone. En début de zone, on observe la présence de *Sporormiella*, *Delitschia*, *Sordaria* et en fin de zone, une reprise de *Sporormiella* est concomitante à des occurrences de *Cercophora* et *Apiosordaria verruculosa*. Les Coniochaetae/Xylariaceae indif. chutent en fin de zone. Peu d'autres MNP sont représentés. Pour les algues, après la chute de *Botryococcus*, on observe un pic important de TM-249 suivi d'occurrences de *Spirogyra* et LCE-06. Les restes zoologiques sont peu représentés.

LSA 3 (72-64,5 cm; c. 1570-1700 cal. AD)

LSA 3a (72-70 cm ; c. 1570-1600 cal. AD)

La zone se caractérise par une baisse importante de la concentration du total des pollens. Ceci implique une baisse du rapport AP/T et particulièrement une baisse d'*Alnus*, *Pinus*, *Quercus*, *Juglans*. De petites occurrences de *Sambucus nigra* et *Frangula alnus* sont visibles. En parallèle, on observe une augmentation des Poaceae. *Vitis* est alors peu représentée. Les céréales restent stables et *Cannabis sativa*-type augmente légèrement. Les HIPA se caractérisent par une baisse de

Plantago lanceolata-type en parallèle d'une hausse de *Plantago major-media*-type. On note l'apparition de *Convolvulus arvensis*-type. Les autres herbacées, se caractérisent par de légers pics de Ranunculaceae, Scrophulariaceae, Primulaceae, Lamiaceae et l'apparition de Saxifragaceae. Les hygrophiles et aquatiques, restent à des valeurs basses, on note la présence de *Rumex aquaticus*-type, *Nymphaea* et *Alisma*-type. Les spores sont peu représentées.

Pour les MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles, on observe une légère chute globale avec des apparitions de *Sporormiella* (en baisse), *Podospora*, *Arnium*, *Chaetomium*. Les autres MNP sont toujours peu représentés. On observe une baisse des Coniochaeta/Xylariaceae et quelques occurrences de TM-O et *Didymosphaeria massarioides*. Chez les algues, la zone montre une chute de *Botryococcus*, une présence de *Spirogyra* et de Zygnemataceae indif. ainsi qu'une nouvelle explosion du type TM-249.

LSA 3b (70-64,5 cm ; c. 1600-1700 cal. AD)

Après une légère hausse du rapport AP/T en début de zone (*Juglans* principalement), le taux de pollens d'arbres et arbustes baisse sensiblement. De façon générale, *Pinus*, *Fagus*, *Corylus*, *Juniperus* et *Juglans* diminuent. On voit une légère reprise de *Fraxinus*, *Salix* et *Alnus*. La courbe de *Quercus* est irrégulière. On observe des variations particulières un peu avant 1650 cal AD (68 cm) où *Corylus* et *Juglans* chutent en parallèle d'une hausse de *Juniperus* et *Castanea sativa*. Les Poaceae, en hausse croissante, manifestent une baisse à ce moment. La courbe de *Vitis* reprend, elle est mieux représentée sur toute la zone. Les autres plantes cultivées montrent des variations particulières. Entre environ 1600 et 1660 cal. AD (70-67 cm), une chute de *Cannabis sativa*-type est en lien avec une augmentation des céréales. Des occurrences de *Fagopyrum* sont de nouveau visibles et *Linum usitatissimum*-type apparaît. La fin de la zone (67-64,5 cm soit 1660-1700 cal. AD) se caractérise par une chute des céréales et des taux importants de *Cannabis sativa*-type. Les HIPA montrent une hausse générale. En début de zone, *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa* et les Urticaceae augmentent en parallèle d'une baisse de *Plantago major-media*-type. Des occurrences de *Papaver rhoeas*-type, Chenopodiaceae, Brassiciaceae sont plus marquées et un cortège composé de *Trifolium pratense*-type et *Onobrychis* apparaît plus évident. En fin de zone, ces tendances s'inversent, on voit une chute globale et des occurrences de *Trifolium repens*-type. Les autres herbacées sont plus présentes et plus variées en début de zone ainsi que les hygrophiles et aquatiques (pic d'*Equisetum*). Les spores chutent en début de zone et on observe un pic de spores trilètes en fin de zone.

Pour les MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles, le cortège est dominé par *Delitschia* (chute à 68 cm). Il est accompagné en début de zone par *Sordaria*, *Chaetomium*, *Apiosordaria* et *Gelasinospora* et remplacé lors de sa chute par *Sporormiella* et *Podospora*. En fin de zone, *Delitschia*, *Arnium*, *Cercophora*, *Apiosordaria verruculosa*, *Gelasinospora* et *Coniochaeta* cf. *lignaria* caractérisent le cortège. Les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers réapparaissent en début de zone (*Kretschmaria deusta*, *Brachysporium obovatum* et TM-037C) puis en fin de zone (*Trichocladium* sp et pic de cf. *Brachysporium* sp.). Un pic de *Coniochaeta/Xylariaceae* indif. est visible en milieu de zone. Parmi les autres MNP, on observe quelques faibles occurrences de *Glomus* sp. en début de zone ainsi que l'apparition de cf. *Trichocladium achrasporum*. En fin de zone, la diversité est plus importante. Parmi les algues, cette bipartition est visible avec une présence plus importante de TM-249 en début de zone puis une hausse de *Spirogyra* et *Botryococcus* en seconde partie de zone. On note,

chez les restes zoologiques, des pics d'*Arcella* sp. et LCE-11 en milieu de zone puis une présence de cf. *Gyratrix* hermaphroditus et Chironomideae indiff.

LSA 4 (64,5-45,5 cm; c. 1700-1930 cal. AD)

LSA 4a (64,5-56 cm ; c. 1700-1870 cal. AD)

Le rapport AP/T est relativement stable. *Juglans* est l'espèce dominante en hausse légère et croissante. *Pinus* augmente légèrement. *Corylus* est en baisse et on observe une concurrence de *Quercus* et *Juniperus* (à 64 et 62 cm, soit respectivement vers 1720 et 1750 cal. AD). Une hausse du rapport AP/T est visible à 59 cm (vers 1810 cal. AD) due principalement à un pic de *Rubus* et *Quercus*. La courbe de *Vitis*, toujours bien présente montre deux hausses (à 63 et 57 cm soit respectivement vers 1730 et 1750 cal. AD) ; les Poaceae, montrent des augmentations aux mêmes moments. Les valeurs de *Cannabis sativa*-type baissent sensiblement tandis que les céréales présentent des taux stables. On note la présence d'une occurrence de *Fagopyrum* en début de zone. Les valeurs globales des HIPA sont à la baisse. On observe toutefois une présence soulignée des Urticaceae et des Brassicaceae. Les autres herbacées sont dominées par les Ranunculaceae et les Scrophulariaceae. Pour les hygrophiles et aquatiques, une phase (62 cm soit 1750 cal. AD) montre un pic important de Cyperaceae, associé à *Rumex aquaticus*-type et *Potamogeton*-type. Les spores sont peu représentées mais une hausse de monolètes s'amorce en fin de zone.

Pour les MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles, les valeurs sont plutôt basses. *Delistchia* est presque absent. En début de zone, on observe un cortège de *Sporormiella*, *Chaetomium* et *Apiosordaria verruculosa*. Entre 62 et 57 cm, *Sordaria* et *Chaetomium* sont dominants. En fin de zone, une nouvelle phase s'observe avec *Delitschia*, *Sporormiella*, *Cercophora* et *Coniochaeta* cf. *ligniaria*. Chez les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers, *Kretschmaria deusta* présente une faible courbe précédée d'un pic de TM-4098. Pour les autres MNP, on note, en début de zone, des pics de HdV-200 et *Pleospora* sp. Le reste de la zone se caractérise par des occurrences plus importantes de *Didymosphaeria massaroides*, *Valsaria variospora* et *Urocystis* cf. *agropyri*. Les algues, en légère hausse, montrent une première phase dominée par *Botryococcus* et une nouvelle phase où TM-249 augmente. Les restes zoologiques montrent un début de zone dominé par un pic de *Arcella* sp. et une fin de zone où celui-ci s'associe aux Chironomideae indif.

LSA 4b (56-45,5 cm ; c. 1870-1930 cal. AD)

Après une hausse vers 55 cm (vers 1880 cal. AD), le rapport AP/T est en régression. Les valeurs de *Juglans* chutent (à partir de 53 cm ; vers 1895 cal. AD), en parallèle d'une hausse de *Corylus*, *Juniperus*. Les autres arbres et arbustes restent plutôt stables. Les Poaceae montrent deux baisses, en début et fin de zone. On observe un pic important de *Vitis* en début de zone (55 cm ; vers 1880 cal. AD) suivi d'une chute et une quasi disparition (51-52 cm ; vers 1900 cal. AD) pour réapparaître en fin de zone. Les céréales et le chanvre montrent des variations importantes dominées par une explosion des valeurs de *Cannabis sativa*-type entre 51 et 54 cm (soit entre 1890 et 1905 cal. AD). En parallèle, une baisse des céréales est visible et on note des occurrences régulières de *Fagopyrum*. Les HIPA sont en légère baisse en début de zone mais montrent des irrégularités. On observe la présence quasi continue de *Papaver rhoeas*-type et de petites occurrences de *Trifolium*-type et *Onobrychis*. La courbe de Brassicaceae entame une hausse en fin

de zone. Pour les autres herbacées, une baisse est notable. En parallèle du pic de *Cannabis sativa*-type, on observe des pics de Ranunculaceae et Scrophulariaceae. Avant cela, on voit des pics d'Asteraceae *sf.* Cichorioideae, *Globularia* et une hausse d'*Ericaceae*. Après, on observe un pic de Rubiaceae. Les hygrophiles et aquatiques, en chute en début de zone, augmentent à partir du pic de *Cannabis sativa*-type. Plusieurs taxons sont présents avec en majorité les Cyperaceae. On note l'apparition de *Lythrum salicaria*. Les spores augmentent en début de zone avec principalement les monolètes.

Des pics de MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles, composés en majorité de *Delitschia*, *Sporormiella*, *Sordaria*, *Chaetomium* encadrent l'explosion de *Cannabis sativa*-type. Chez les autres MNP, on observe une augmentation puis un pic des Coniochaetae/Xylariaceae indif. et une présence, essentiellement en début de zone, de saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers (*Kretschmaria deusta*, *Trichocladium* sp.) accompagnés d'un pic de *Glomus* sp et de légers pics de cf. *Scleroderma* sp., HdV-200 et *Urocystis* cf. *agropyri*. Des pics d'algues sont visibles pendant la phase d'explosion de *Cannabis sativa*-type (TM-249 puis LCE-06). On voit ensuite une reprise de *Spirogyra* et Zygnemataceae indif. Les restes zoologiques sont plus variés, des occurrences de cf. *Gytrix hermaphroditus*, *Arcella* sp., Cladocera indif., LCE-11 et Chironomideae indif.

LSA 5 (45,5-0 cm ; c. 1930-2011 cal. AD)

LSA 5a (45,5-29 cm ; c. 1930-1960 cal. AD)

La zone se caractérise par une chute importante du rapport AP/T due principalement à la chute de *Juglans*. *Corylus* et *Juniperus* baissent également. On observe toutefois une légère hausse de *Pinus*, *Picea* et une présence plus marquée d'*Abies*, *Prunus*. Les Poaceae chutent en fin de zone. Cette zone marque une nouvelle phase d'augmentation de *Vitis*. *Cerealia*-type est en légère hausse et on note quelques occurrences de *Fagopyrum*. *Secale cereale* chute, à l'instar de *Cannabis sativa*-type. Concernant les HIPA, la zone se caractérise par un cortège bien représenté et composé de pics de *Brassicaceae*, *Onobrychis*, *Trifolium repens*-type, *Trifolium pratense*-type et *Trifolium*-type. On note une chute particulière des Urticaceae. Quelques taxons apparaissent (*Polygonum aviculare* et *Ambrosia artemisiifolia*). Chez les autres herbacées, on remarque une présence plus marquée de *Filipendula*, *Potentilla*-type et des Rosaceae ainsi qu'une diversité plus importante des taxons. Les hygrophiles et aquatiques montrent une baisse des Cyperaceae en parallèle d'un pic de *Sparganium*-type et les spores sont très peu représentées.

Les valeurs de MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles chutent en fin de zone. On note toutefois un pic de *Cercophora* en début de zone associé à une présence de *Delitschia*, *Sordaria* et *Chaetomium*. Les autres MNP sont aussi peu représentés. Chez les algues, on observe majoritairement un pic de *Botryococcus*.

LSA 5b (29-0 cm ; c. 1960-2011 cal. AD)

Dans cette dernière zone, le rapport AP/T augmente de façon importante. On observe particulièrement une hausse de *Salix*, *Betula*, *Alnus*, *Pinus* et *Fraxinus* et une augmentation de *Corylus*, *Carpinus*, *Picea*. Un pic de *Populus* est visible en début de zone, en parallèle d'une chute d'*Abies*. Les valeurs de *Quercus*, *Juglans* et *Fagus* restent stables et plutôt faibles. Des occurrences

plus marquées de *Platanus*-type et *Rhamnus*-type sont visibles. La courbe de *Vitis* est présente mais plus faible que dans les zones précédentes. On voit encore quelques occurrences de *Cerealia*-type mais *Secale cereale* et *Cannabis sativa*-type ont disparu. En fin de zone, on note une occurrence de *Fagopyrum* et l'apparition de *Zea mays*. Les HIPA montrent des chutes de *Plantago lanceolata*-type, *Rumex acetosa*-type, *Plantago major-media*-type, *Papaver rhoeas*-type et du cortège Brassicaceae, *Trifolium*-type, *Trifolium repens*-type, *Trifolium pratense*-type et *Onobrychis*. On observe une légère hausse d'*Artemisia*, des Urticaceae et des Chenopodiaceae ainsi que des occurrences de *Centaurea cyanus*, *Convolvulus arvensis*-type. Les autres herbacées montrent une hausse d'*Ambrosia artemisiifolia*. Les Ranunculaceae augmentent en fin de zone. De nombreux taxons chutent ou disparaissent. Les hygrophiles et aquatiques sont dominées en début de zone par les Cyperaceae puis un pic de *Sparganium*-type suivi d'occurrences de *Rumex aquaticus*-type et *Potamogeton*-type. En parallèle, on note un pic de spores monolètes.

Dans cette zone, les MNP coprophiles et/ou potentiels indicateurs pastoraux / carbonicoles ont quasiment disparu. On note de faibles occurrences en fin de zone (*Sporormiella*, *Sordaria*, *Arnium*). *Coniochaeta* cf. *ligniaria* et les Coniochaetae/Xylariaceae dominent la zone. Chez les saprophytes et parasites des arbres, arbustes et substrats forestiers, un pic de TM-4098 est visible en milieu de zone. Les autres MNP sont représentés par des valeurs plus importantes de cf. TM-4010, *Diporotheca rhizophila*, *Pleospora* sp., *Tetraploa aristata*, cf. *Trichocladium achrasporum* et cf. *Spegazzinia* sp. Pour les algues, la zone se caractérise par l'apparition des *Pediastrum* (*simplex* et cf. *boryanum*).

3. Du néant post-éboulement au paysage actuel

3.1. Commentaires croisés

De la fin du XIII^{ème} à la première moitié du XIV^{ème} siècle.

(LSA1 : 89-83,5 cm ; c. 1248 -1350 cal. AD)

La première phase, allant de l'éboulement de 1248 à environ 1300 cal. AD (LSA1a) se caractérise par un milieu ouvert où l'on observe un taux élevé d'argousier (*Hippophae rhamnoides*), associé au saule, qui ne retrouvera à aucun moment de telles valeurs et dont la sous-espèce *fluviatilis* est bien connue dans les Alpes pour ses capacités à croître sur les sédiments neufs et grossiers pauvres en ressources minérales (Schnitzler-Lenoble & Carbenier, 2007). À une échelle plus locale et en association avec les fortes valeurs de Graminées ainsi que les occurrences de Pigamon (*Thalictrum*) et de la prêle (*Equisetum*) par exemple, cette phase pourrait traduire le développement des communautés pionnières de ripisylves et de végétation lacustre et palustre en lien avec la formation du lac post-éboulement (association *Hippophae-Salix-Poaceae* : David *et al.*, 2006) et plus généralement aux modifications hydrologiques entraînées sur la zone de l'éboulement. En effet, les déformations des terrains suite à l'éboulement ont bouleversé le lit des ruisseaux et favorisé l'infiltration et l'accumulation des eaux créant de vastes zones humides et lacustres qui se combleront progressivement (Pachoud, 1998).

Enfin, l'association de ces taxons avec la forte abondance d'algues (particulièrement *Botryococcus*, algue verte lacustre colonisatrice) souligne la forte humidité de la zone. Les travaux des historiens montrent ce caractère particulier du territoire, nommé *abyssum* par les clercs et notaires du Moyen-Âge. Ce terme, neutre en latin, trouve sa définition dans le terme "abysse", une fosse très profonde et à ses échos en franco-provençal où l'on nomme cette région *l'Abis* (Garlatti, 2013). Il est alors certain que ces termes et ces terres s'accordent pour faire de la région de l'éboulement, une zone profondément désolée et chaotique (fig. 46).

Il faut toutefois noter que les paramètres climatiques, durant cette période de transition entre l'Optimum Climatique Médiéval et le Petit Âge Glaciaire, montrent dans la région, et à l'échelle européenne, le début d'une augmentation de l'activité hydrologique (Jacob *et al.*, 2009 ; Wilhelm, 2012). Cette phase pourrait être la traduction d'une reconquête du territoire par une végétation à caractère humide faisant immédiatement suite à l'éboulement du Mont Granier de 1248 dont l'origine serait à rechercher dans les modifications du réseau hydrologique et un contexte climatique particulier.

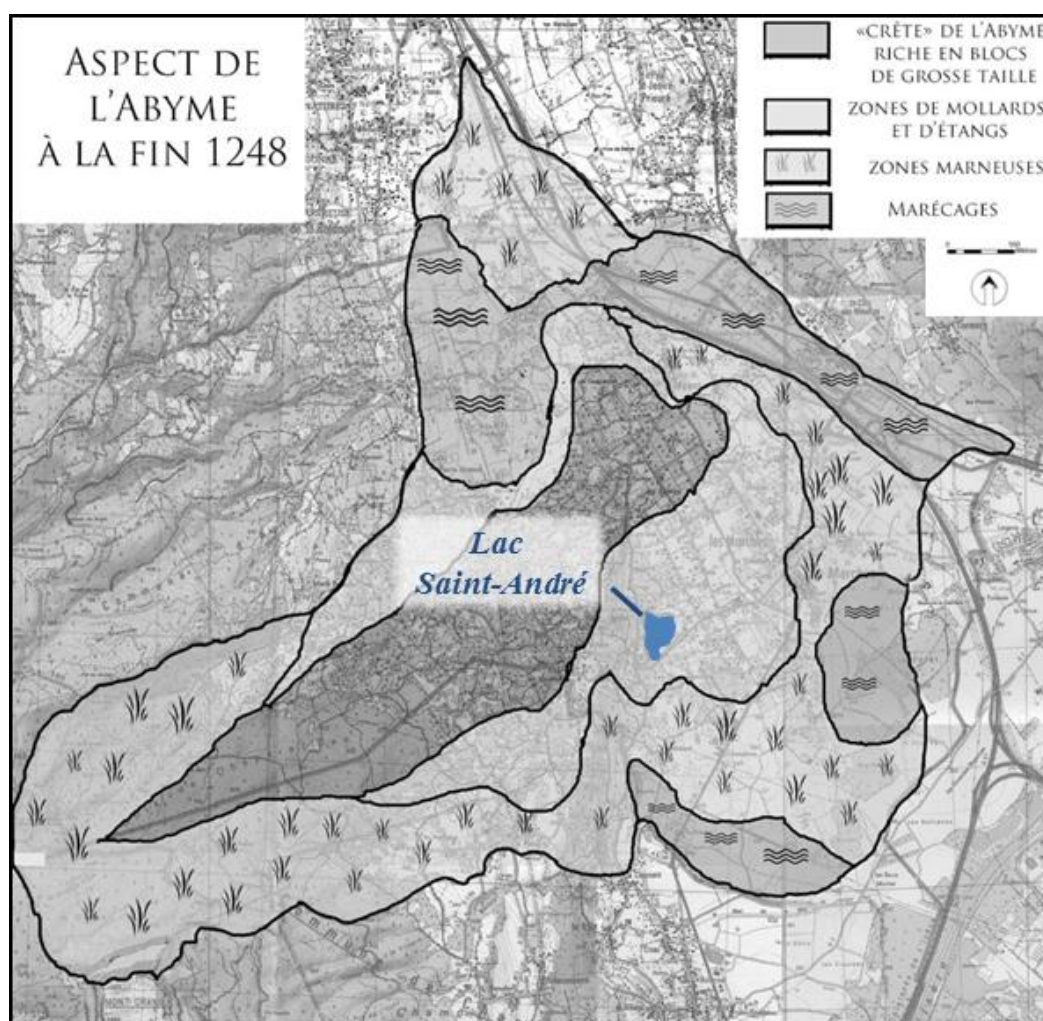


Figure 46 - Aspect de l'Abyrne à la fin de 1248 (modifié d'après Garlatti, 2013)

Si l'on observe plus précisément les herbacées et les plantes cultivées, la présence de cultures de céréales est manifeste. En dehors de la possibilité de reliquats polliniques antérieurs ou d'une vision pollinique plus lointaine, les sources historiques documentent la période post-éboulement comme désordonnée mais non comme un vide humain complet. Pendant presque deux générations humaines, l'organisation sociale et agricole a dû être fortement perturbée. Les survivants et les populations voisines convoitant ces terres laissées à l'abandon ne tardèrent pas à profiter des possibilités offertes par ce contexte particulier. Une politique d'aménagement rural se met en place rapidement et on sait déjà, par exemple, qu'une bonne part des terres de la commune des Marches actuelle fut rachetée pour la mise en place de pâturages entre 1263 et 1272 par un certain Pierre de la Ravoire (Garlatti, 2007). La présence de ce bétail pourrait expliquer les premières occurrences de *Sporormiella* (spores de champignons coprophiles), en fin de zone, soit juste avant 1300 *cal.* AD.

Entre environ 1300 et 1350 *cal.* AD (LSA1b), le total des grains de pollen d'arbres et arbustes augmente fortement et les concentrations polliniques générales sont en hausse. Les valeurs de l'aulne, du pin, du noisetier et du genévrier montrent les plus importantes hausses mais de façon générale, tous les taxons voient leurs valeurs croître. En parallèle, l'argousier chute et disparaît en fin de zone, à l'instar du saule. Ce changement évident semble correspondre à l'image pollinique d'une seconde étape de reprise du couvert végétal faisant suite à la végétation arbustive de la phase primitive (LSA1a).

Cette seconde étape est elle-même évolutive puisque l'on voit augmenter d'abord les valeurs d'aulne et de genévrier, associées à l'apparition de peuplier et de la viorne puis, dans un second temps, le pin, le hêtre et le noisetier, traduisant une véritable reconquête forestière. La baisse du chêne et du châtaignier associée à cette phase pourrait provenir du signal pollinique peut-être plus régional de ces deux essences, qui serait alors ici masqué par les apports locaux des autres arbres et arbustes. Toutefois, le début du XIV^{ème} siècle est aussi marqué par la création d'une nouvelle châtellenie aux Marches par le Comte de Savoie. Guilleré (1999) indique à ce sujet que les forêts alentours, et particulièrement celles de chêne et de châtaignier, sont utilisées pour la construction du château et du bourg castral, faisant parfaitement écho alors aux résultats polliniques de notre séquence.

C'est aussi au cours de cette période que les premiers grains de pollens de vigne apparaissent. La vigne est une quasi-monoculture de nos jours dans toute la zone de l'éboulement et une des questions importantes de cette étude est de suivre la mise en place de ce système viticole particulier. D'un point de vue palynologique, les grains de pollen de vigne sauvage et cultivée sont peu ou pas différenciables (voir Partie II). La morphologie du site, les sources historiques ainsi que les études concernant la représentation pollinique de la vigne font de notre spectre de pollens de vigne un signal potentiel de la présence de vigne cultivée dès le début du XIV^{ème} siècle. Des documents, datés de 1313-1314 soulignent d'ailleurs la production viticole de la châtellenie des Marches sans toutefois confirmer réellement la présence d'un vignoble autour du lac de Saint-André (Guilleré, 1999 ; Messiez & Dupraz, 1999).

Ainsi, en une centaine d'années, plusieurs associations végétales illustrent une succession végétale secondaire sur les sols post-éboulement déstabilisés et mis à néant, qui se sont vus recolonisés par les différentes espèces d'arbustes et d'arbres. Les communautés villageoises, ayant réinvesti les lieux durant ces cent premières années, semblent présentes mais peu impactantes sur les groupements végétaux se remettant en place. L'ensemble des *Abymes*, après l'éboulement devint propriété seigneuriale et les défrichements nécessaires

au redéveloppement de l'agriculture devaient être limités dans le temps et l'espace et ralentis par les contraintes politiques et la topographie des lieux. Les valeurs polliniques de plantes cultivées et liées à la présence humaine restent faibles. La disparition des microfossiles non-polliniques indices de pratiques pastorales, dans cette première moitié du XIV^{ème} siècle, pourrait toutefois s'expliquer par le développement d'une végétation plus dense autour du lac qui a pu empêcher les apports érosifs et donc la présence de ces microfossiles dans les sédiments.

De la fin du XIV^{ème} à la veille du XVII^{ème} siècle

(LSA2: 83,5-72 cm ; c. 1360-1570 cal. AD)

De façon générale, le milieu s'ouvre progressivement à partir de la fin du XIV^{ème} siècle et ce jusqu'à la proche fin du XVI^{ème} siècle. L'emprise agro-pastorale est en augmentation. Entre environ 1360 et 1400 cal. AD (LSA2a), on remarque que les céréales et le chanvre sont encore faiblement représentés. Les microfossiles non-polliniques témoignant d'une pression pastorale (particulièrement *Sporomiella*) sont nettement plus visibles et variés à partir de cette deuxième moitié du XIV^{ème} siècle, traduisant alors des pratiques agricoles peut-être plus tournées vers le pastoralisme autour du site d'étude.

Toutefois, les valeurs de certains arbres, tels que le hêtre, l'aulne et le noisetier sont en régression. En parallèle, les taux de noyer sont visiblement en hausse, évoquant une meilleure vision pollinique de ce taxon suite à l'ouverture du milieu. La nuciculture est une des composantes importantes des pratiques agricoles régionales qui trouve certainement ses racines dans les périodes anciennes. La présence de noyers est soulignée dans certaines chroniques de la fin de l'époque moderne. Par exemple, Guillomin (1937) nous fait part des notes du docteur Couvert (*Notice sur les Abymes de Myans*, 1833) concernant le village actuel de Saint-André : « *les beaux vignobles qui entourent cette localité et les "énormes noyers qui l'ombragent"* ». Guillomin considère, de plus, que le noyer a été une ressource de la partie basse comme de la partie centrale des Abîmes et cite un « témoin » (1845) : « *Il est peu de pays où les noyers fussent si beaux et si nombreux que dans la province de la basse Savoie jusqu'à l'époque de la Révolution* ». Ainsi, on peut envisager que le noyer fait certainement partie du paysage depuis des temps plus anciens mais on peut émettre des doutes sur une culture intensive de cette essence dans les alentours du lac au vu de la particularité topographique du site.

La hausse des pratiques agro-pastorales semble s'intensifier après 1400 cal. AD. (LSA2b et 2c). Les valeurs de chanvre et des céréales sont en hausse croissante et les

occurrences de grains de pollen de vigne sont de plus en plus fréquentes. De plus, entre 1500 et 1550 *cal.* AD, la présence de *Medicago sativa*-type (luzerne cultivée, plante fourragère, cultivée en Europe occidentale avant le XVI^{ème} siècle, (voir par exemple, Bouby & Ruas, 2005 et Brumont *dir.*, 2008) et d'une hausse d'Urticaceae (orties ; espèces rudéro-nitrophiles), accompagnée d'une augmentation des Cyperaceae et de l'apparition importante de TM-249 (microfossile hyalin restant mal identifié mais pouvant être une algue (Cugny, 2011) pourraient signer une phase particulière de pression pastorale plus intense associée à la mise en place de prairies artificielles. Enfin, l'apparition de grains de pollen de sarrasin, vers 1550 *cal.* AD qui s'accompagne une augmentation notable de la vigne et du chanvre souligne la pluralité des pratiques agro-pastorales en ce début de l'époque Moderne.

S'agissant des sources historiques, l'étude de Nathalie Mouthon-Sepeau (1999) concernant la période 1517-1585 fournit des indications précieuses. Elle montre, par exemple, que l'essentiel de la population vivait dans le bourg (Les Marches) et qu'un habitat dispersé complétait le paysage. Le territoire était dominé par des terres labourées (50% des parcelles vendues/échangées sur 20 ans), les céréales cultivées y étaient classiques (froment, avoine, seigle, orge) et les vignobles bien présents (fig. 47). Les Abymes, zones incultes, étaient utilisées pour faire paître les animaux et couper la blâche (laîche, herbe des milieux marécageux) pour en faire des litières.

Enfin, un phénomène particulier est visible dans ces quelques siècles. Des pics importants de micro-fossiles coprophiles associés à *Glomus* sont particulièrement visibles vers 1370 *cal.* AD (LSA2a) et vers 1450 *cal.* AD (LSA2b), ils évoquent une pression érosive importante dont l'origine peut-être multiple. S'ajoutant à l'intensification des activités anthropiques durant cette période, l'entrée dans le Petit Âge Glaciaire, dont les études régionales témoignent de l'intensification de l'activité hydrologique des cours d'eau particulièrement entre 1300 et 1450 *cal.* AD (étude des chroniques de crues de lacs alpins, Wilhelm, 2012) pourrait coïncider avec ces épisodes érosifs révélés par l'analyse pollinique et visibles aussi dans les analyses sédimentaires (hausse de susceptibilité magnétique).

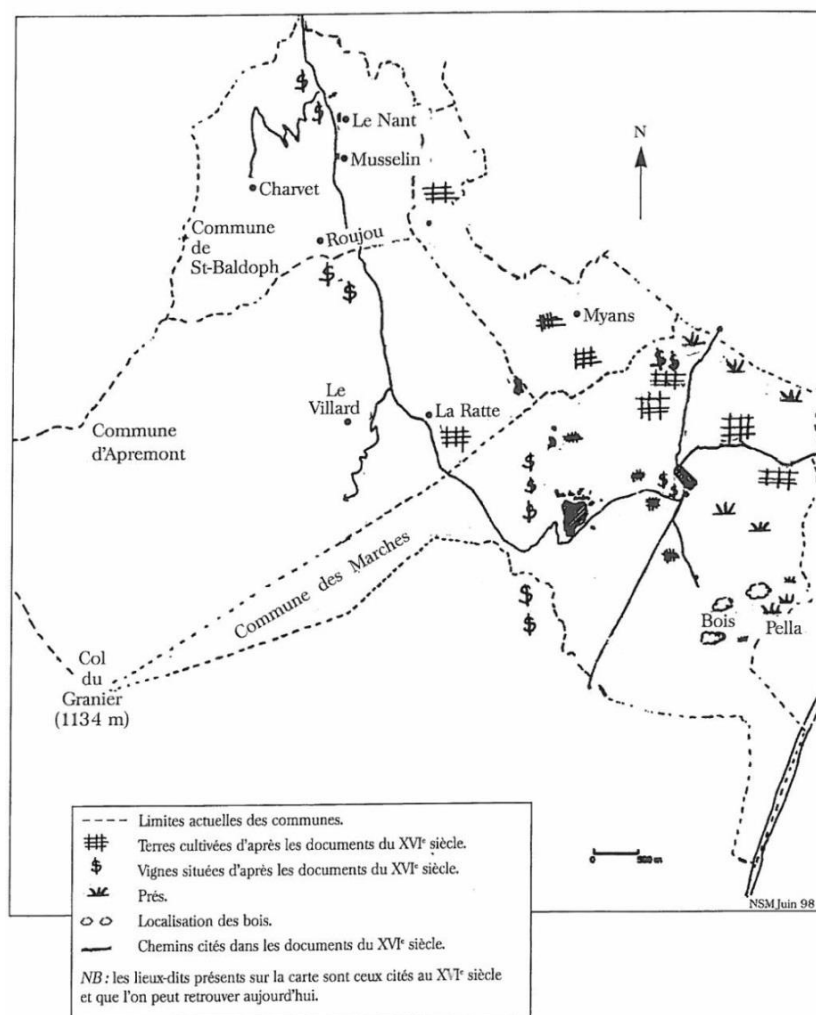


Figure 47 - Carte du paysage probable au-dessous du Granier au XVIème siècle (Mouthon-Sepeau, 1999)

La fin du XVIème siècle et le XVIIème siècle

LSA 3 (72-64,5 cm ; c. 1570-1700 cal. AD)

La fin du XVIème siècle (LSA3a) est marquée par une phase de baisse importante des taux de pollens d'arbres et arbustes, particulièrement l'aulne, le pin, le chêne et le noyer. La vigne et les indices de pression anthropique (rudérales et MNP) semblent aussi être concernés alors que les céréales et le chanvre restent assez bien représentés. La baisse de concentration des pollens (nb/cm³) à ce moment et les contraintes liées au modèle âge-profondeur rendent complexe l'interprétation de cette phase. D'un point de vue historique, entre 1562 et 1598, les guerres de religion, opposant le Royaume de France et le Duché de Savoie, aboutissent localement à la Bataille de Pontcharra (18 septembre 1591), période qui bouleversa sans doute l'organisation sociale (on a déjà souligné que 14 000 hommes

entrent au sud des Marches en 1591 ; Garlatti, 2007) et qui pourrait participer à cette légère déprise agricole.

Les données palynologiques du XVII^{ème} siècle (LSA3b) traduisent un couvert forestier perturbé mais globalement en diminution pouvant refléter des actes de défrichements plus prononcés. Le pin est particulièrement touché. Les grains de pollen de vigne, plus présents et de façon continue, marquent un développement certain de la viticulture dans la zone d'étude durant toute cette période. Au cours de la première moitié du XVII^{ème} siècle, la baisse des taux de chanvre et l'augmentation des céréales, accompagnée de la présence du sarrasin et du lin souligne des pratiques culturales variées et pourrait être la preuve de rotations culturales.

À propos de la culture du sarrasin, attestée en Savoie, on citera, d'après Le Général Comte de Loche (De Mouxy de Loche, 1829), le marquis Costa (*Essai sur l'amélioration de l'agriculture en Savoie*, 1774) : « Cette plante a des qualités précieuses ; elle est un aliment excellent pour les gens de la campagne, une ressource contre la disette ; et, dans ces pays montueux, il est si commun de voir les grêles et les intempéries ruiner les premières récoltes ! Voilà trop de qualités qui réclament sa conservation dans nos assolemens ».

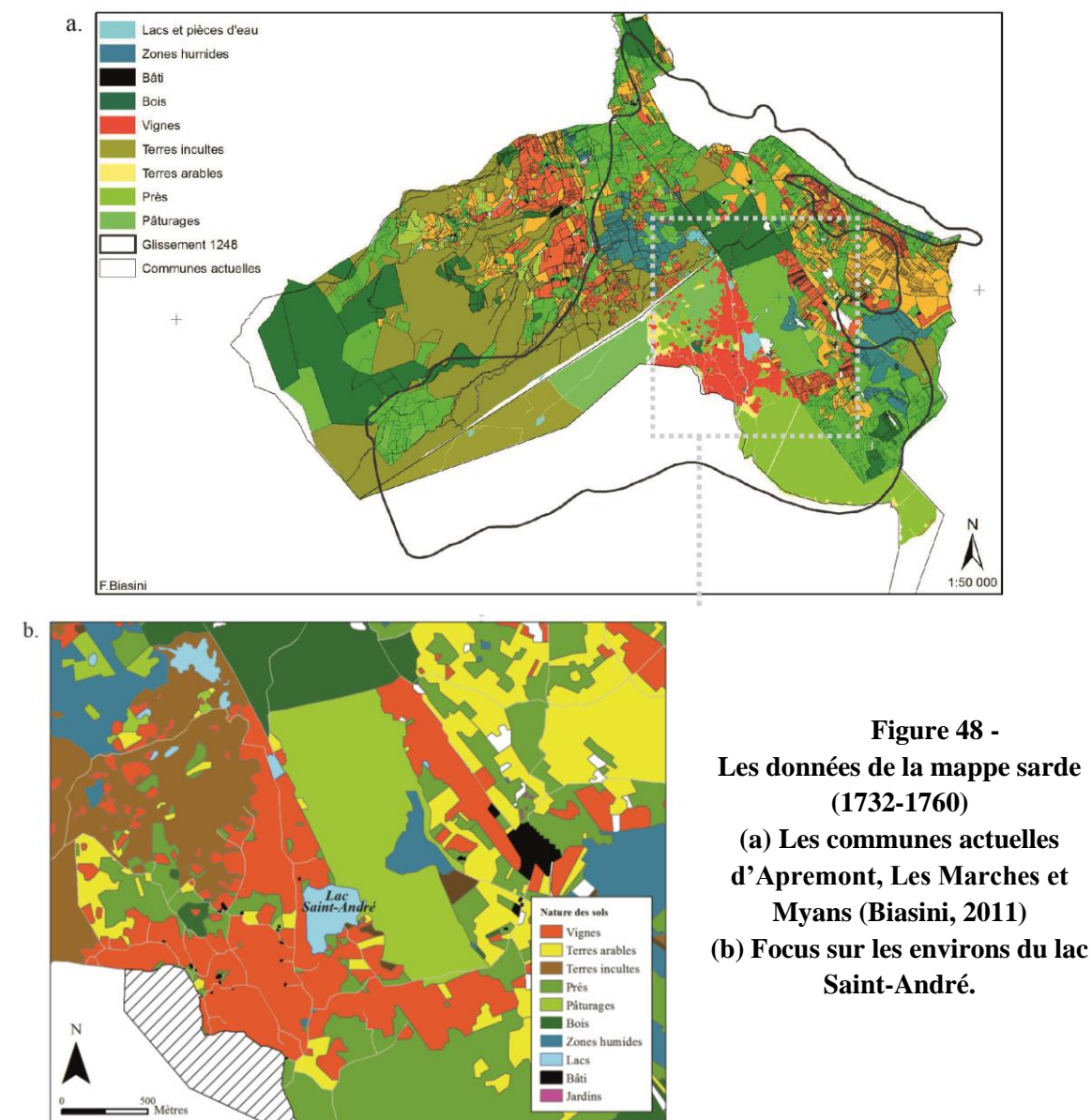
Les indices de pression pastorale sont bien présents et indiquent un milieu ouvert et probablement intensément pâturé. Au tournant des années 1650, la présence plus intense de grains de pollen de chanvre, associée à une baisse des autres indices polliniques et non-polliniques d'anthropisation, pourraient indiquer un changement de pratiques, telle celle du rouissage, qui sera particulièrement marquée dans les périodes suivantes. Il est à noter toutefois que le rouissage du chanvre en Savoie ne semble pas être toujours mené dans les eaux mais plutôt sur une prairie récemment fauchée (Messiez, 2002).

Du XVIII^{ème} siècle aux années 1870

LSA 4a (64,5-56 cm ; c. 1700-1870 *cal.* AD)

Entre le début du XVIII^{ème} et le milieu du XIX^{ème} siècle (LSA4), le paysage est ouvert. La courbe du noyer domine le spectre.

Durant cette période, le cadastre sarde fournit des indications précieuses sur l'occupation du sol dans la zone d'étude entre 1730 et 1760 (fig. 48 et voir aussi Partie 4-3.2., pages suivantes) que nous pouvons mettre en regard des données polliniques du début de la zone (entre environ 1700 et 1750 *cal.* AD ; début de LSA4a).



Les rives du lac Saint-André sont occupées à l'ouest par une concentration de parcelles viticoles. Les données polliniques de la vigne, en hausse à cette époque, reflètent timidement cette répartition et l'ampleur de ce vignoble. Il en est de même pour les marqueurs de pastoralisme (*Sporormiella* et *Chaetomium*), faiblement représentés alors qu'à l'est du lac, une vaste zone de pâture est signalée. Quelques parcelles décrites comme terres arables et suggérant d'autres pratiques culturelles (céréales, chanvre) sont à proximité directe du lac. Les données polliniques offrent une bonne représentation des cultures de chanvre qui sont toujours importantes (un peu plus faibles néanmoins qu'à la période précédente) ainsi que de céréales ; le sarrasin est aussi présent. Le spectre pollinique des arbres et arbustes, assez important et dominé par le noyer ne semble pas réellement trouver un reflet dans les zones boisées cadastrées, qui sont peu nombreuses en regard des zones incultes, constituant les parties les plus chaotiques issues de l'éboulement de 1248. Enfin,

les grandes zones humides parsemant ce paysage pourraient être la cause de l'augmentation de certains microfossiles non-polliniques tels qu'*Arcella* sp. (amibe à thèque), hygrophile et plutôt caractéristique des milieux oligotrophes (Lopez-Saez, 1998).

Entre la seconde moitié du XVIII^{ème} siècle et les débuts du XIX^{ème} siècle, une légère reprise de certains arbres et arbustes, tels le pin, le chêne et des taxons du genre *Rubus* (ronces) est visible. En parallèle, la vigne est moins visible et une baisse du chanvre et d'un certain nombre de plantes liées à la présence humaine l'accompagne. Les microfossiles non-polliniques indicateurs de pression pastorale sont en chute voire disparaissent. Cette époque est marquée par des conflits liés à la Révolution française ; la Savoie est annexée en 1792, devenant Département du Mont-Blanc. Un mouvement savoyard contre-révolutionnaire se crée dès 1793 et Victor Amédée III tentera une reconquête. La Terreur s'installe. Ces événements ont-ils pu jouer sur cette légère déprise agricole que nous observons dans les données polliniques ? On notera que la période voit le bouleversement de l'organisation agricole de la zone d'étude. Suite à la Révolution, les communaux, acquis par les habitants au XVII^{ème} siècle, sont divisés, alloués et vendus à de multiples particuliers (Garlatti, 2007).

Après ces événements et jusqu'à 1870, les données polliniques montrent des spectres de milieux plus ouverts. Le chêne diminue à nouveau ainsi qu'un certain nombre d'essences d'arbres et arbustes. On observe néanmoins une légère augmentation du châtaignier. Durant cette période, concernant les cultures, seule la vigne augmente, marquant le début de l'essor de la viticulture. Les autres herbacées liées la présence humaine sont légèrement mieux représentées. Quelques spores de champignons coprophiles réapparaissent. Ces spectres pourraient faire écho à un redéveloppement de l'emprise agro-pastorale suite à la fin des conflits de la période précédente et souligner l'essor démographique de la période (jusqu'à 1895 habitants en 1856 sur la commune de Les Marches, source EHESS).

Enfin, des événements locaux attirent notre attention. Plusieurs modifications entraînant des changements possibles d'écosystèmes ont eu lieu durant ce XIX^{ème} siècle. Entre 1829 et 1854, l'Isère est endiguée et des inondations se produisent dans les zones basses des Marches (voir Girel, 2010). En même temps, à partir de 1845, des travaux d'assainissement des zones humides sont réalisés dans plusieurs zones environnantes ; les marais sont asséchés. En 1850, un canal est creusé dans les Abymes des Marches vers le lac Saint-André pour évacuer le surplus d'eau. Peu d'indications polliniques pouvant traduire ces aspects locaux ne sont visibles dans ce laps de temps. On peut penser que ces

changements, qui concernent plutôt l'est du lac et non la totalité du bassin versant, n'ont eu que peu d'impact sur la composition du spectre pollinique.

Des années 1870 aux années 1930

LSA 4b (56-45,5 cm ; c. 1870-1930 cal. AD)

De la fin du XIX^{ème} siècle jusqu'aux années 1930 (LSA4b), le paysage va lentement commencer à changer.

Juste avant 1900, on remarque un pic de pollens de vignes (aussi bien en pourcentages qu'en concentration) pouvant signer une intensification des pratiques viticoles autour du lac. Ce pic est concomitant d'une baisse de certaines cultures (seigle et chanvre) et de pics de certains microfossiles non-polliniques potentiellement coprophiles (*Sordaria*, *Chaetomium*). Parallèlement, on observe une baisse dans la concentration du total des grains de pollens terrestres (arbres, arbustes, herbacées).

Un épisode particulier marque le diagramme palynologique peu avant et après 1900 : plusieurs essences montrent des comportements extrêmes. On voit ainsi le début du déclin du noyer, une chute des grains de pollen de vigne et de céréales. Au même moment, en plus de l'apparition d'occurrences plus importantes de sarrasin, on assiste à une explosion des grains de pollen de chanvre (qui dépassent les 50% du total des grains de pollens terrestres). Cette phase appelle plusieurs interprétations.

D'une part, la chute de la courbe des grains de pollen de vigne se place dans le contexte de la crise du Phylloxera, parasite qui décimât les vignobles français dès la fin du XIX^{ème} siècle (fig. 49). Mentionné dès les années 1878-1880 dans les villages du Mont Granier (Gex, 1943 ; Messiez & Dupraz, 1999 ; Messiez, 2002), il ne fait nul doute que les vignes du secteur ont souffert de cette maladie. Dans le diagramme pollinique, certains effets peuvent être liés. On remarque une certaine reprise du noisetier par exemple, qui ce serait développé dans les parcelles abandonnées. Si l'on revient au déclin parallèle du noyer, il serait tentant de faire un rapprochement avec cette crise viticole. Dans le même commentaires que nous citons pour l'extension du noyer (XIV^{ème} siècle), retrouvons Guillomin (1937) citant à nouveau son « témoin ». Celui-ci, après avoir indiqué que le noyer était une essence importante jusqu'à la Révolution, poursuit ainsi : « *Mais durant les longues années de guerre qui l'ont accompagnée et dont toute l'Europe a retenti les nombreuses et actives fabriques d'armes de Saint-Etienne nous les ont enlevés... Il était réservé aux Abîmes de Myans de réparer en partie ce vide fait à nos campagnes et de rassurer nos fabricants de meubles sur la crainte de manquer un jour de cet acajou*

d'Europe ». Guillomé précise ensuite que « cet "acajou" d'Europe ne se trouve presque plus, coupé qu'il fût lors de la crise du phylloxéra pour parer aux dépenses faites par l'achat de nouveaux ceps ». Ainsi, le déclin du noyer, observé dans les données polliniques pourrait trouver une explication dans cette crise viticole. Toutefois, les mutations techniques agricoles, le déclin démographique de la fin du XIX^{ème} siècle ainsi que les paramètres climatiques en transition (fin du Petit Âge Glaciaire) sont des paramètres complexes à prendre en compte.

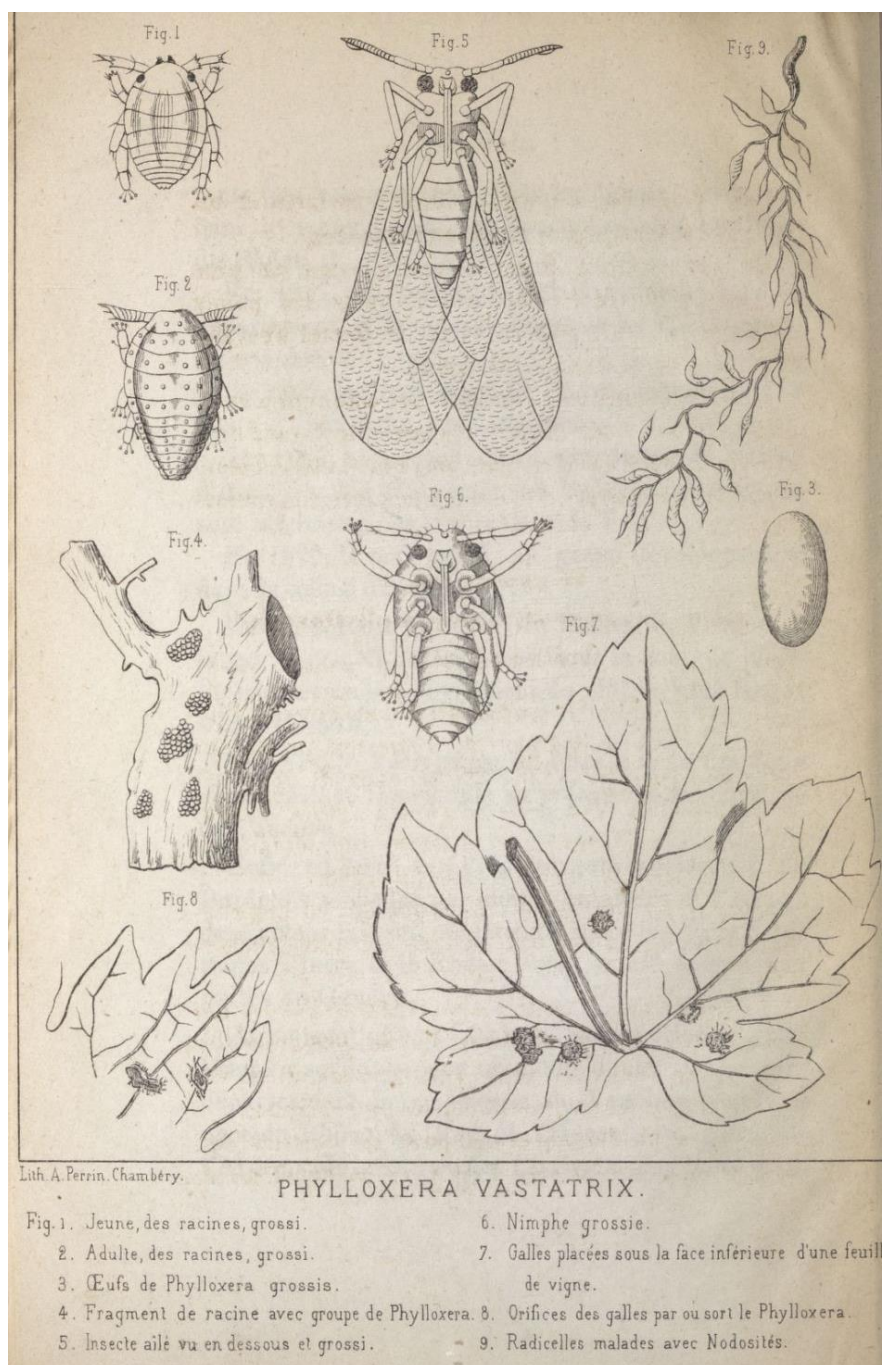


Figure 49 – *Phylloxera vastatrix* (dans Tochon, 1875 ; source : BNF)

Le second évènement important dans cette période est la présence de taux de chanvre jusque là jamais égalés. Seul un rouissage intensif près ou dans le lac pourrait expliquer ces valeurs. Les microfossiles non-polliniques disparaissent à ce moment et seuls quelques pics d'algues (LCE-06 et TM-249), mal connus quant à leur écologie, sont contemporains de ce pic de chanvre suggérant éventuellement un impact sur les eaux du lac. À ce stade de la recherche, aucun renseignement historique n'a été trouvé concernant cette pratique de rouissage au lac Saint-André. Dans la région, la culture du chanvre est évoquée dans la *statistique générale de la France* (Verneilh, 1807) comme étant pratiquée sur les terres délaissées de l'Isère. Toutefois, plusieurs études menées dans des régions limitrophes, et en France plus généralement, ont montré une exploitation intensive et un rouissage du chanvre dans les lacs, et ce, depuis plusieurs siècles (Gauthier, 2004 ; Laine *et al.*, 2010). Par exemple, au lac de Pluvis (dans l'Ain, aujourd'hui disparu), les alentours sont intensément exploités et le chanvre probablement mis à rouir dans les eaux du lac étant donné les pourcentages fortement élevés de pollen de chanvre (92.3 % et 78.7 % de pollen de chanvre dans un enrochement gallo-romain du lac ; voir Magny et Richard, 1990). Concernant le lac Saint-André, cette phase d'explosion des valeurs de chanvre, suggère une exploitation intensive. Toutefois, il est difficile de déterminer si un rouissage a été opéré dans les eaux du lac ou sur certains versants, dont la topographie particulière (forte pente), aurait pu entraîner un apport érosif important. Enfin, la question se pose sur la nature sporadique de cet évènement. A-t-il un lien avec la crise viticole, tel un palliatif économique, à l'instar de l'éviction du noyer faite pour l'achat de nouveaux ceps (Guillaumin, 1937) ?

Un lien peut être établi avec les données sédimentaires de la séquence. En effet, ces phases particulières sont contemporaines d'une unité très carbonatée (U2b), suggérant un changement important dans la composition des sédiments. La relation de cause à effet entre ces données sédimentaires et polliniques reste à déterminer précisément. On pourra par exemple se demander si c'est un effet causé par un phénomène lié aux pratiques agricoles chimiques et physiques des sols (rouissage du chanvre ou traitements -sulfure de carbone et chaux- des ceps atteints par le Phylloxera).

Il faut attendre les années 1900-1930, pour que la vigne commence à réapparaître doucement dans le diagramme pollinique mais l'échantillonnage assez large dans cette période ne permet pas d'avancer une date précise. La jeunesse des plans américains suite au renouveau des vignobles des Abymes qui commença d'ailleurs assez tôt (1883 ; voir Garlatti, 2012) ainsi que les effets néfastes de la Première Guerre Mondiale pourraient expliquer les faibles valeurs que nous observons.

Enfin, on observe que les valeurs de chanvre baissent nettement, indiquant certainement le début d'une nouvelle transition dans les pratiques agro-pastorales locales.

Des années 1930 à nos jours

LSA 5 (45,5-0 cm ; c. 1930-2011 *cal.* AD)

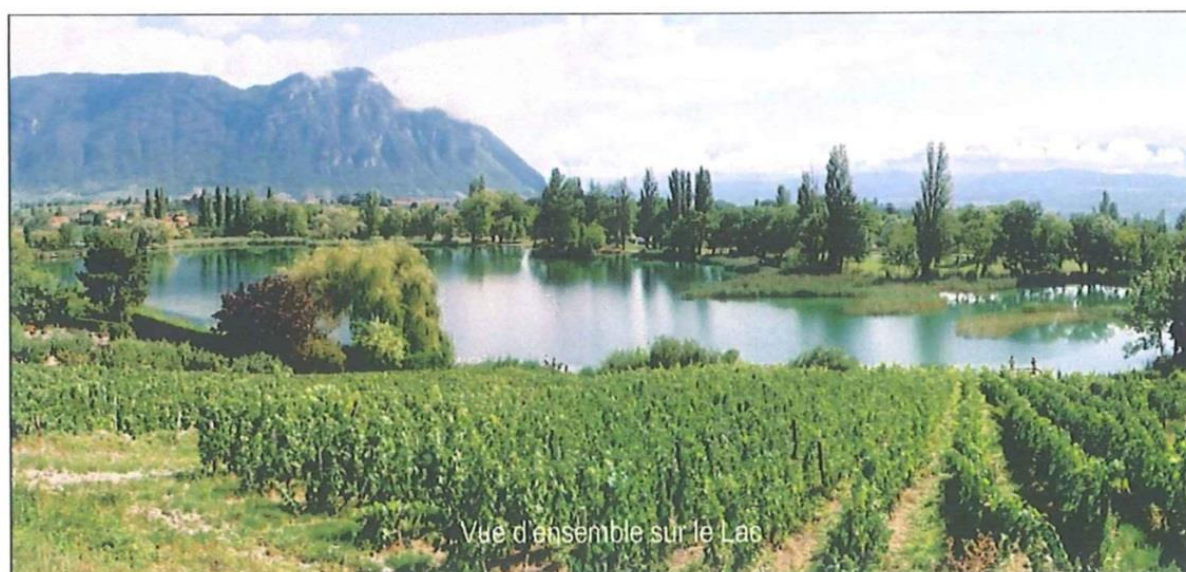
Une première phase, allant d'environ 1930 à 1950 (LSA5a) signe la chute définitive du noyer. On observe une légère hausse du pin et de l'épicéa. Une mutation importante des pratiques agro-pastorales est certainement visible dans les données polliniques des plantes herbacées. Outre, la reprise de la vigne et la continuité des céréales, une diminution du seigle et une chute drastique du chanvre est visible. En parallèle, un cortège particulier de plantes fourragères composé de trèfles, de sainfoin et de luzerne fait son apparition de façon importante. Un pic de grains de pollen de Brassicaceae, est également visible et pourrait suggérer une culture d'espèces oléiques et/ou fourragères (colza, navette, cameline...) qui n'a pas été différenciée morphologiquement dans cette étude. Du côté des microfossiles non-polliniques, peu d'indices peuvent être mis en évidence. On observe une baisse des marqueurs de pastoralisme, certainement lié aux changements culturels mentionnés plus haut.

La paysannerie et la démographie des années 1930 à 1950 dans la zone d'étude, sont soumises à une crise importante (Garlatti, 2012) qui semble se traduire ici par une transition passagère dans les pratiques culturelles. Ces pics de plantes fourragères sont d'ailleurs épisodiques puisqu'ils disparaîtront dans les décennies suivantes.

La dernière zone du diagramme pollinique, débutant dans les années 1950 (LSA5b), montre la reprise importante de certains arbres. L'augmentation du frêne, de l'aulne, du bouleau, du saule et des résineux sont particulièrement visibles et montre en partie le recul des défrichements, certainement dû aux changements contemporains liés au chauffage (remplacement du bois de chauffage par le fuel) ainsi qu'aux évolutions des politiques de gestion forestière. La recolonisation des parcelles anciennement vouées à la polyculture vivrière qui se traduit dans les données polliniques par une chute des céréales et du chanvre, participe certainement à cette nouvelle organisation de la végétation. Une hausse du peuplier est également visible et pourrait participer à la baisse des pollens de vigne visible durant cette période. Le peuplier est particulièrement bien installé autour du lac de nos jours et pourrait expliquer, avec le développement d'une végétation plus dense autour du lac (fig. 50), cette baisse de la vision pollinique de la vigne, en retenant l'érosion des

sols et donc les apports polliniques dans le lac. Mais, bien que la viticulture soit devenue une monoculture dans la zone d'étude comme en témoignent les diverses AOC créées depuis les années 1970, l'organisation spatiale des vignobles pourrait avoir évoluée et trouver sa traduction dans nos résultats.

Enfin, on observe une chute drastique des microfossiles de type coprophile, ainsi qu'à un développement de certaines algues caractéristiques d'une augmentation en nutriments dans le lac (*Pediastrum*), potentiellement liés aux activités anthropiques comme la pollution agricole ou domestique ou un changement hydrologique voire climatique (entre autres : Janssen, 1968, Veski, 1993 ; Jankovská et Komárek, 2000 ; Bradshaw *et al.* ; 2005). Ce dernier point fait écho aux travaux menés par le laboratoire Edytem de Chambéry à propos de l'impact important de l'usage des pesticides et herbicides liés aux pratiques viticoles dans le bassin versant du lac Saint-André au cours du dernier siècle (Sabatier *et al.*, 2014).



**Figure 50 - Le lac Saint-André aujourd'hui vu depuis les versants ouest
(source : PLU Les Marches)**

3.2. Approche comparative de l'occupation des sols par les cartes et les données palynologiques

Toujours dans cette même optique de confronter des données historiques à des données palynologiques, le travail de la mappe sarde réalisé sur la zone d'étude (Barbero, 2001 ; Biasini, 2011) a été l'occasion de poursuivre nos investigations.

La mappe sarde (Les Marches, 1732-1760) (Planche 9)

Le calage de la mappe sarde sur les données géographiques actuelles entraîne des déformations plus ou moins importantes (Barbero, 2010, Biasini, 2011). Les données ayant été calculées grâce aux surfaces générées par le logiciel de cartographie, une certaine marge d'erreur est à prendre en compte. Toutefois, en regard de quelques vérifications faites sur les registres référençant les surfaces relevées à l'époque, les résultats ne montrent pas de différences trop évidentes. Les données sont présentées en pourcentage d'occupation des sols afin d'avoir une image plus évocatrice. Les zones choisies sont le bassin versant du lac Saint-André, une zone de rayon de 1km et une autre de 500 m autour du lac. Une partie de la zone à 1 km de rayon, située en Isère, n'a pas été cadastrée dans le cadre de la réalisation de la mappe sarde.

Ainsi, les données de la mappe sarde (pl. 9) montrent que le paysage viticole est bien présent autour du lac, surtout sur les versants ouest tandis qu'à l'est du lac, on observe une grande zone pastorale et humide. Les prés sont disséminés entre les zones viticoles et peu de terres arables, potentiellement destinées aux cultures céréalières ou recevant des plantes à vocation textile se trouvent à proximité du lac. Des terres incultes et des bois sont visibles essentiellement à quelques centaines de mètres au nord-est de la zone d'étude.

La comparaison des données cadastrales et des données polliniques exprimées en valeurs absolues montre un premier phénomène déjà bien connu des palynologues. Les parcelles viticoles, majoritaires dans tous les cas de figures et atteignant des valeurs assez importantes notamment dans le bassin versant représentées sur la Mappe sarde, ne sont pas polliniquement représentées. Les flux de pollens de vigne, très faibles, diffèrent de l'image du paysage cadastral et soulignent les problèmes de sous-représentativité de la vigne dans les séquences polliniques déjà évoqués dans la littérature (Gauthier & Joly, 2003, Turner & Brown, 2003, Gauthier, 2004). Il est ici tentant de faire un lien avec certaines données concernant les microfossiles non-polliniques. Celles-ci montrent un taux majoritaire d'algues colonisatrices (*Botryococcus*) suggérant une eutrophisation marquée du lac, potentiellement en lien avec l'impact des pratiques agricoles, ici surtout viticoles.

Les autres espèces cultivées, comme le chanvre ou les céréales, moyennement représentées dans les données polliniques, suggèrent, au vu des données cadastrales, une représentation plutôt éloignée ; les parcelles arables se concentrant à quelques centaines de mètres à l'est du lac. Toutefois, il faut envisager que les quelques parcelles situées dans le bassin-versant, dont la topographie en pente peut apporter un taux de pollens de plantes cultivées assez important. A ce propos, la part des microfossiles non-polliniques, de type coprophile, moyennement représentés (en baisse par rapport à d'autres époques) alors qu'une grande zone de pâtures est présente aux abords du lac, trouve une bonne corrélation avec des apports venant plutôt de la zone du bassin versant.

Enfin, les arbres et arbustes, dominants dans les données polliniques, ne trouvent pas leur pendant dans les parcelles désignées comme boisées. En plus de l'argument de l'apport pollinique lointain des essences arboréennes (ici, dominées par le chêne et le noyer), les arbres isolés parsemant certainement le paysage et qui pourraient participer à cette image pollinique, ne sont pas représentés sur les cartes. De façon générale, nous observons ici qu'un paysage ouvert est manifeste dans les données cartographiques tandis que les données polliniques traduisent une part importante de pollens d'arbres et arbustes. L'observation des microfossiles non-polliniques saprophytes et parasites des arbres et arbustes pourrait alors apporter des pistes de réponse. Ceux-ci, faiblement représentés, semblent signaler une présence modérée des arbres hôtes autour du lac.

Pour synthétiser, il semble que, en dépit d'une sous-représentation pollinique de la vigne et d'une surreprésentation des pollens d'arbres et arbustes, les données polliniques et les données cadastrales du bassin versant peuvent assez bien se corréler.

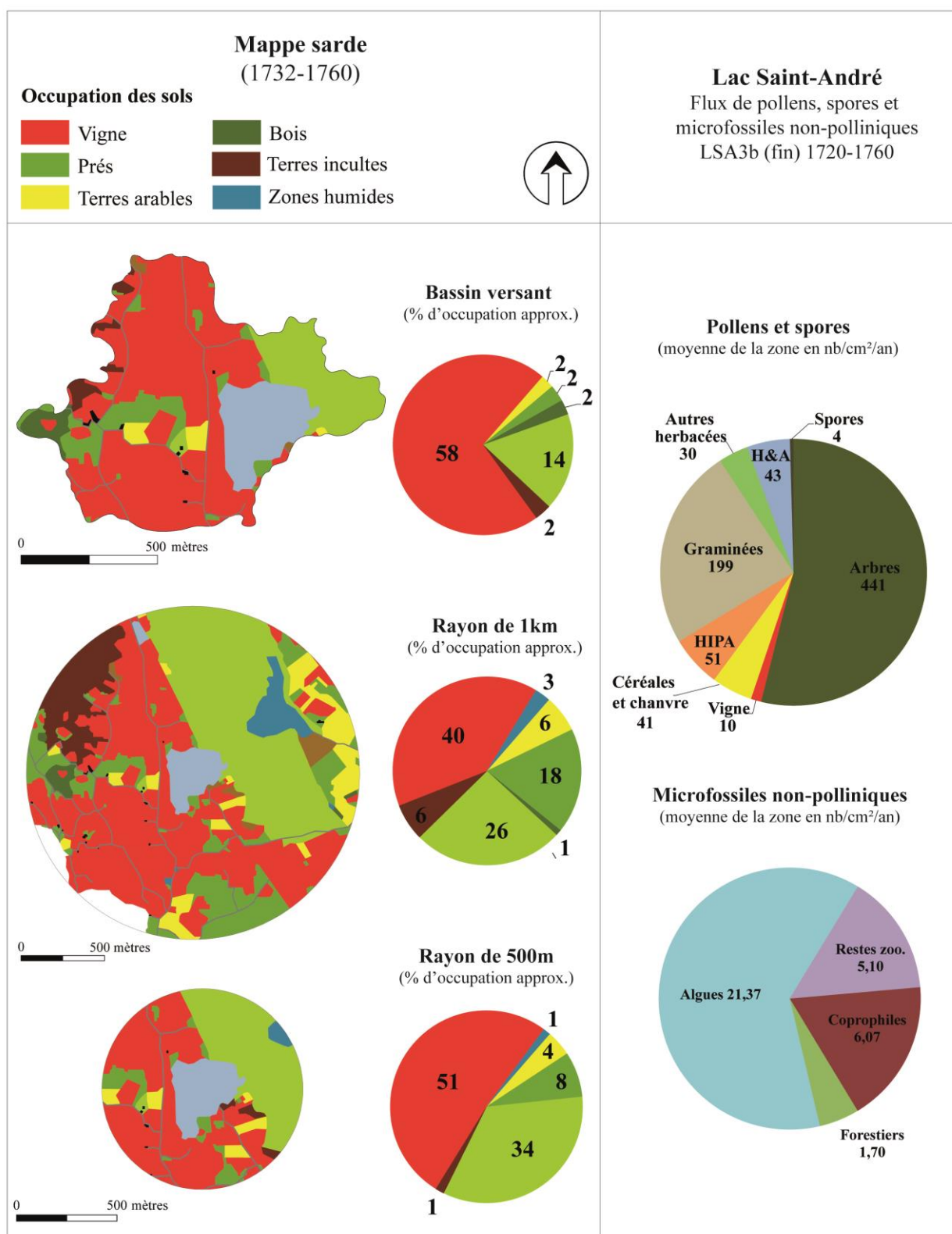


Planche 9 - Comparaison entre les données cadastrales de la mappe sarde (1732-1760) et les données polliniques du lac Saint-André (1720-1760)

Comparaison avec les données actuelles (Planche 10)

Le paysage actuel autour du lac Saint-André est toujours dominé par les vignes et il est étonnant de voir que les données du XVIII^{ème} siècle sont quasiment dans le même ordre de pourcentages d'occupation des sols.

L'organisation spatiale des vignobles a quelque peu évolué, en regard des modifications de politiques agricoles et hydriques (assèchement des marais par exemple) et bien qu'une grande part des parcelles se situe toujours dans les zones à l'ouest et au sud du lac, on observe une emprise viticole plus parsemée. Entre les deux périodes, on remarque en plus, une diminution des parcelles destinées aux cultures autres que la vigne, notamment autour du lac, et une présence plus importante de zones boisées et de landes. Les zones de pâtures sont nettement remplacées par l'emprise résidentielle.

Les données polliniques actuelles, montrent des flux de pollen supérieurs aux données des époques anciennes et illustrent certainement l'importante augmentation actuelle de l'érosion des sols. Cependant entre les deux périodes, les données polliniques et non-polliniques sont plutôt proches concernant la proportion des assemblages. Dans les données polliniques actuelles, la vigne est toujours sous-représentée par rapport à l'emprise du vignoble. La part de la végétation arboréenne, en hausse dans les données polliniques comme dans les données cadastrales, semble encore surreprésentée par rapport à la présence réelle de zones boisées. Le lac est bordé actuellement par des essences dont la pollinisation est importante (comme l'aulne).

La part des autres plantes cultivées est faible. Seules les plantes cultivées de type céréales ou les plantes à vocation textile montrent une chute, associée à l'abandon de la polyculture au XX^{ème} siècle et visible dans les parcelles dédiées à des cultures autres que la vigne dans la zone d'étude.

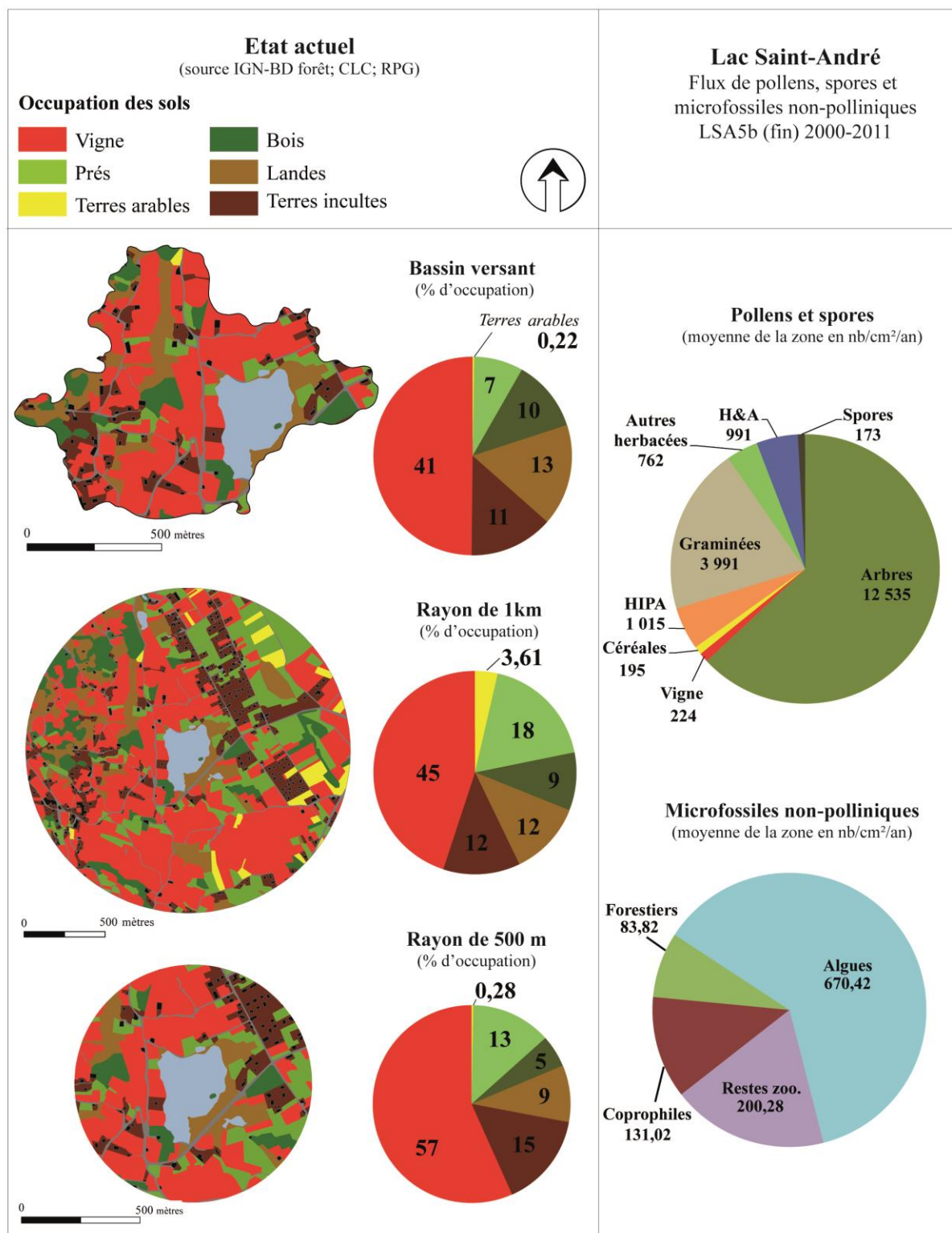


Planche 10 - Comparaison entre les données cartographiques de l'occupation du sol actuel et les données polliniques des dix dernières années du lac Saint-André.

3.3. Conclusion

Les grandes lignes de l'histoire de ce territoire particulier issu du glissement du Mont Granier de 1248 trouvent un reflet dans l'étude des données polliniques du lac Saint-André. La reprise végétale succédant aux terres mises à nu par la catastrophe, caractérisée par une végétation pionnière que l'on pourrait rapprocher des phases de colonisations végétales du Tardiglaciaire (Bølling), souligne le caractère exceptionnel de ce phénomène. Cette situation permettra certainement la construction et l'évolution d'un terroir unique. La viticulture semble se (re)mettre en place rapidement après la catastrophe de 1248 et prendre son essor dès le XVI^{ème} siècle pour, à partir du XVIII^{ème} siècle, constituer un terroir puissant qui deviendra une monoculture dans la première moitié du XX^{ème} siècle.

On notera toutefois que certains aspects agricoles locaux sont absents des données livrées par les pollens. Certaines cultures telles que la sériciculture (culture des vers à soie sur mûrier, attestée dans les environs de Montmélian à la fin du XIX^{ème} siècle ; Messiez, 2002), la pomme de terre ou le tabac (faibles pollinisateurs), faisant partie du patrimoine régional, ne se traduisent pas dans cette analyse. Les limites méthodologiques de la palynologie (détermination morphologique et productivité pollinique faible de certaines espèces) en sont probablement la cause. De plus, le facteur topographique de la zone joue certainement un rôle, laissant envisager une vision pollinique complexe soulignée par l'approche croisée des données polliniques et cartographique.

PARTIE V

Synthèse, conclusion et perspective

L'objectif principal de cette thèse a été de construire une histoire précise du dernier millénaire dans deux zones de moyenne montagne à l'aide d'une approche parallèle, comparative et complémentaire, des données paléoenvironnementales - particulièrement palynologiques - et historiques, autant documentaires qu'archivistiques.

Interactions sociétés-environnement, interactions disciplinaires : questionnements et retour d'expérience

Le point de départ de notre réflexion a été de définir notre environnement de travail. Les zones de moyenne montagne, tout d'abord, où nous avons détaillé les réflexions relativement récentes autour d'une part, de sa définition un peu floue, puis nous concernant plus particulièrement, sur les changements de paradigme issus de l'intérêt croissant pour ces zones longtemps considérées comme marginales. En effet, les recherches menées depuis plus d'un quart de siècle dans ces secteurs ont fourni une nouvelle vision des interactions sociétés-environnement mais aussi participer à la naissance d'un intérêt croissant pour l'interaction des disciplines.

Ainsi, bien vite est venue la question de comprendre un peu l'histoire de cette « nouvelle science », non restreinte aux recherches menées sur la moyenne montagne mais qui participe certainement à leur identité scientifique. À travers quelques exemples, non exhaustifs, des réflexions menées autour des termes associant les préfixes trans-, multi-, pluri-, inter-, poly- voire méta-disciplinarité, nous avons mis en évidence plusieurs points. Tout d'abord, il est certain que cette pléthore d'expressions, dont les définitions sont *polysémiques et floues* (Morin, 1990) traduit une montée évidente, comme le dit Létourneau (2008) du « *besoin de travailler dans des perspectives élargies, dans des équipes variées et aux aspects complémentaires* ».

Loin d'avoir la prétention de pouvoir répondre assurément sur une des questions posée au début de cette thèse, c'est-à-dire, quelle est la définition de notre travail (pluridisciplinarité autour de l'archéologie, interdisciplinarité autour de la palynologie... ?) nous rejoindrons pour une ultime fois (!), les propos d'Edgar Morin (1990) : « *Enfin, ce n'est pas seulement l'idée d'inter- et de transdisciplinarité qui est importante. Nous devons "écologiser" les disciplines, c'est-à-dire tenir compte de tout ce qui est contextuel y*

compris des conditions culturelles et sociales, c'est-à-dire voir dans quel milieu elles naissent, posent des problèmes, se sclérosent, se métamorphosent. Il faut aussi du métadisciplinaire, le terme "meta" signifiant dépasser et conserver. On ne peut pas briser ce qui a été créé par les disciplines ; on ne peut pas briser toute clôture, il en est du problème de la discipline, du problème de la science comme du problème de la vie : il faut qu'une discipline soit à la fois ouverte et fermée ». À ce stade de notre recherche, ces propos résonnent particulièrement puisque le but a été, comme l'on fait d'autres avant nous, de lier les données paléoenvironnementales et historiques, dont les codes et les techniques sont si spécifiques qu'il apparaît parfois compliqué de les faire cohabiter, et encore plus de les maîtriser toutes, individuellement. Notre étude, comme les nombreux travaux sur les interactions sociétés-environnement, a certainement permis de souligner une nouvelle fois l'importance de travailler nos questions au prisme des multiples disciplines offertes par les sciences et particulièrement dans les zones de moyenne montagne où les paramètres climatiques, socio-économiques et politiques sont tellement entremêlés dans les données paléoenvironnementales et où les projets collectifs mettant en scène des acteurs spécialisés et un désir de partager, déjà bien ancré dans certaines zones, a fait ses preuves.

Notre étude sur le massif jurassien, a finalement souligné une nouvelle fois qu'un potentiel archivistique était disponible à cet effet. Ces données, particulièrement étudiées sur les périodes médiévales par les historiens, n'ont été que survolées dans le cadre de cette thèse en traversant toutefois les travaux réalisés par les historiens sur la question, nous nous sommes aperçu qu'un appel était lancé depuis longtemps à travers les thématiques environnementales souvent abordées. Les périodes modernes et contemporaines, localement un peu moins concernées par la recherche, sont disponibles à l'exemple des travaux engagés ces dernières années. Les impulsions de projets collectifs où se croisent palynologues, géologues, paléoclimatologues, historiens et archéologues ouvrent des perspectives florissantes dans la région. La création de la ZAAJ (Zone Atelier Arc Jurassien), les nouvelles prospections archéologiques et archivistiques menées et en projet sur la région engageront certainement un nouveau regard et de nouvelles pratiques sur la recherche de l'histoire de ces territoires. Autre exemple très récent, la parution de l'ouvrage *Histoire du Climat en Franche-Comté* illustre bien cette volonté de mettre en lien les savoirs acquis par les différents membres de la recherche régionale (Bichet et al., 2015).

Quant au Granier, notre étude a permis d'apporter un proxy de plus dans ces terres où le croisement des savoirs est essentiel et déjà bien mené. La prochaine étape sera alors

de peut-être « re-générer » un esprit de synthèse et pourquoi ne pas réitérer le colloque de synthèse de 1998 (Colloque de Myans) pour son 20ème anniversaire en 2018...

Apports, limites et perspectives des choix méthodologiques

La réflexion menée autour de cette étude nous a poussé à proposer des approches méthodologiques ayant comme finalité de tenter de faire dialoguer les sciences historiques et la palynologie. Pour ce faire, il était indispensable de se tourner vers la haute-résolution de l'analyse palynologique avec pour objectif de connecter les temporalités respectives des deux disciplines, mais aussi de permettre de mieux cerner certains événements déjà soulignés par les études passées. Cette méthode, surtout menée sur le site du lac de Remoray, a confirmé les grandes tendances déjà mises en évidence par le passé dans la région mais la précision de nos données mérite probablement une exploitation peut-être plus poussée, notamment s'agissant des données sédimentaires, et une datation encore plus précise. De plus, une mise en parallèle avec les nombreux travaux de la région, qui n'a pas été totalement aboutie dans notre travail aura certainement pour conséquence de fournir une synthèse plus charpentée sur les dynamiques climatiques et anthropiques de cette zone du massif jurassien.

Les différents proxies, tels la sédimentologie et les microfossiles non-polliniques, qui ont déjà fait leurs preuves dans de nombreuses études, gagneront à être précisés afin de mieux appréhender la complexité et le rôle respectif des impacts climatiques et socio-politiques. Que pourrait-on dire par exemple des phénomènes érosifs soupçonnés dans la séquence du lac Saint-André ? La confrontation avec d'autres séquences est une perspective alors inévitable.

Enfin, l'approche comparative des cadastres et des données polliniques a permis de souligner les limites de nos sources, autant historiques que palynologiques et surtout du dialogue complexe qu'elles entretiennent. Sans nous être attardé sur une critique poussée des documents cadastraux, il n'en est pas moins certain que les informations livrées par ces documents sont à manier avec précaution, comme d'autres types de documents d'ailleurs, prudence ô combien soulignée par nos collègues historiens. Tout comme les données polliniques, dont les limites sont apparues ici une nouvelle fois à travers les phénomènes connus de sur- et sous-représentation des taxons.

Pour conclure, cette approche multi-proxy et multi-sources a souligné le potentiel déjà bien connu du croisement des données dans la compréhension des interactions

sociétés-environnements passés. Nous allons essayer de retenir quelques analogies et souligné les divergences existant dans les interactions sociétés-environnement du Moyen Âge à nos jours de ces deux zones d'étude.

De la Savoie au Haut-Doubs : analogies et divergences dans les interactions sociétés-environnement du Moyen Âge à nos jours

Un point de départ peu engageant

Au départ, dans les deux exemples que nous traitons, peu d'indices favorables ne semblent indiquer que dans ces terres, soumises à des contraintes typiques des zones montagneuses, allait se créer une histoire riche et complexe. Des profondes forêts du Haut-Doubs, longtemps considérées comme peu attractives et offrant certainement un cadre de vie difficile, voire très rude à certaines périodes, aux paysages lunaires post-éboulement du Mont-Granier et à la crainte du risque d'une nouvelle catastrophe, les sociétés semblent s'être adaptées.

Dans le massif jurassien, avant le X^{ème} siècle, nous avons confirmé l'existence de phases plus ou moins marquées par un impact anthropique. Ces phases, où apparaissent et disparaissent des marques de défrichements et de pratiques agro-pastorales, ne semblent pas être liées aux fluctuations climatiques mais plutôt à une organisation mouvante du peuplement et certainement à l'impact de l'effervescence des zones environnantes ; comparables alors avec les conclusions déjà établies sur le massif jurassien (Gauthier, 2004 ; Gauthier et Richard, 2007). Les données polliniques montrent qu'à partir du XI^{ème} siècle, l'ouverture du milieu se produit progressivement à l'instar des données livrées par l'histoire, qui montrent que les prieurés et abbayes s'établissent petit à petit autour de la zone d'étude. La seconde moitié du XII^{ème} siècle et la première moitié du XIII^{ème} siècle, certes soulignés par le contexte climatique favorable de l'Optimum Médiéval, est la période où l'ouverture du milieu est incontestablement visible et souligne certainement les conséquences de l'emprise de l'abbaye du Mont-Sainte-Marie sur ce territoire.

Sous les falaises du Mont Granier, la dynamique rapide des nouveaux sols créés par le glissement de 1248, a joué un rôle prépondérant dans la construction de territoire neuf. L'hostilité de ces terres dévastées et du risque d'une nature sans état d'âme a pourtant amené les sociétés à créer un terroir unique et ceci manifestement assez rapidement. La palynologie, comme les données historiques, soulignent la remise en place d'un système agro-pastoral dans les décennies qui ont succédé immédiatement la catastrophe.

Développement et crises durant le Petit Âge Glaciaire

Dans le massif jurassien, à partir de 1250 et jusqu'environ 1400, une phase de recolonisation des espaces ouverts précédemment est manifeste dans les données polliniques du lac de Remoray. L'apparition des mentions des premiers villages du bassin versant dans les textes à partir de 1250 paraît opposée aux débuts de cette fermeture du milieu et suggère des phénomènes liés aux particularités socio-politiques (politiques d'usage et d'appropriation forestière). La persistance des pratiques agro-pastorales semble appuyer ce constat. C'est réellement à partir d'environ 1300 qu'une reprise importante du couvert forestier a été mise en évidence. Le XIV^{ème} siècle, marqué par les dégradations climatiques du Petit Âge Glaciaire et les événements historiques néfastes (peste noire et guerre de Cent Ans) trouvent dans les données polliniques un écho particulier. Alors que cette recolonisation des arbres et arbustes est manifeste, les indices polliniques et non-polliniques liés aux pratiques agro-pastorales ne montrent pas de bouleversement évident. Il en est de même pour les périodes qui suivirent, elles aussi teintées par les fluctuations du Petit Âge Glaciaire et des phases socio-économiques tantôt florissantes, tantôt partagées. À partir du XV^{ème} siècle, le développement d'une industrie métallurgique et l'augmentation démographique génèrent une emprise avérée sur les paysages. La forêt recule mais les épisodes où se croisent les périodes de crises socio-politico-économiques et climatiques sont encore difficiles à distinguer comme le montre la contemporanéité des fluctuations polliniques du milieu du XVII^{ème} siècle et des épisodes de guerres (guerre de Dix Ans) et de dégradations climatiques.

Dans la séquence du lac Saint-André (site du Mont Granier), les prémices du Petit Âge Glaciaire et la recolonisation de la zone de l'éboulement sont quasiment contemporains. Nous avons certes attribué la reprise végétale, et particulièrement la recolonisation des arbres entre 1300 et 1350, au phénomène naturel de reprise végétale suite à l'éboulement mais comment distinguer, à ce stade de la recherche un potentiel démarrage d'une dégradation du climat ? Et, faut-il lui attribuer le lent démarrage de la vigne avant le XVI^{ème} siècle ? Concernant l'évolution des pratiques agricoles, l'étude du lac Saint-André montre une variabilité pollinique dans les plantes cultivées (phases à sarrasin...) qui pourrait encore une fois témoigner de phénomènes aussi bien climatiques que socio-économiques. Toutefois, dans certains cas, telle la période de crise viticole liée au phylloxera à la fin du XIX^{ème} siècle, les doutes sont levés. Les causes, connues de tous par la mémoire historique, sont alors bien distinguées.

Une transition décisive

Les derniers siècles sont parfois difficiles à interpréter en termes d'évolution de la végétation car l'environnement souvent très ouvert aboutit à une perception d'une pluie pollinique très régionale. Cependant, dès le XIX^{ème} siècle, les efforts de reforestation comme l'abandon des zones difficiles d'accès ou donnant de faibles rendements se traduisent par une reforestation visible. L'agriculture vivrière qui caractérisait la moyenne montagne laisse peu à peu la place à une spécialisation des activités agro-pastorales et une transition définitive se produit sur nos deux sites. Comme le pastoralisme dans le massif jurassien, la viticulture au pied du Mont Granier est devenue petit à petit une monoculture. L'abandon de la polyculture vivrière au début du XX^{ème} siècle dans les deux zones s'inscrit donc comme un seuil commun dans l'organisation socio-économique de ces territoires.

Ces conclusions, ces informations nouvelles apportées par cette étude soulignent aussi la nécessité d'aller plus loin, d'ouvrir d'autres voies de recherche dans ces deux secteurs pour approcher l'exhaustivité souhaitée au départ.

Sur le massif jurassien

- Il faut perfectionner la lecture des données palynologiques et sédimentaires issues de la haute-résolution ;
- La réflexion autour de la possibilité d'une application de la modélisation de la pluie pollinique devra être menée au plus vite ;
- Il faudra synthétiser les données historiques et géographiques régionales sur le dernier millénaire ;
- Les sources archivistiques pour les périodes modernes et contemporaines méritent d'être reprises pour cette région.

Sur le site du Mont Granier

- Certains phénomènes sédimentaires particuliers de la séquence doivent être précisés pour aider à la compréhension des impacts climatiques et anthropiques ;
- Un suivi précis de l'histoire climatique de la zone et des phénomènes associés (crues, phénologie...) est nécessaire ;
- Il faut élargir la recherche paléoenvironnementale à des sites locaux ayant aussi enregistré les périodes pré-éboulement ;
- Nous devons mettre à profit les séquences lacustres pré-analysées (Lac Noir, Lac des Pères) et exploiter les nouveaux sites en cours d'étude (zones de marais) pour établir un schéma global de la reconquête végétale et humaine en différents points de la zone d'éboulement.

Ainsi, loin de cerner toutes les subtilités de la recherche dans les multiples domaines que nous avons abordés dans cette thèse, nous avons voulu démontrer une nouvelle fois que, pour pouvoir décrire au mieux les relations que les sociétés médiévales, modernes et contemporaines ont entretenu avec leur environnement, il fallait multiplier et croiser les sources d'informations, en évaluer les limites et les apports mutuels pour approcher au plus près la réalité.

L'évolution de nos paysages, les fluctuations climatiques de ce dernier millénaire et la dynamique des sociétés - de leur histoire et de leurs pratiques agro-pastorales successives - sont intimement liées. Cette interdépendance, complexe et souvent difficile à démêler, nécessite une approche précise, autant spatiale que temporelle, et un dialogue ouvert entre les différents acteurs de la recherche "officielle" mais aussi de tous ceux plus généralement, qui entretiennent la mémoire de ces lieux.

BIBLIOGRAPHIE

A

Académie de Savoie (1999) *L'Éboulement du Granier et le sanctuaire de Myans*: actes du colloque de Myans 5, 6 et 7 juin 1998, deuxième série, Tome 1, Chambéry, 430 pages.

Alexandre P. (1987) *Le climat en Europe au Moyen Âge. Contribution à l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d'après les sources narratives de l'Europe occidentale*, Paris, Ecole des hautes études en sciences sociales, 827 pages.

Amiot A. (2014) *Caractérisation de l'évolution de l'enregistrement sédimentaire du marais d'Apremont depuis la catastrophe de 1248*, Mémoire de Master 1, Université de Bourgogne, 53 pages.

Andersen S.-T. (1979) Identification of wild grass and cereal pollen, *Danmarks Geol-Undersøgelse*, Arbog, pp. 69-92.

André G., André M. (2004) La Grande tourbière de Pontarlier (Doubs) Approche historique et botanique, Partie 1, *Les nouvelles archives de la flore jurassienne*, SBFC, CBNFC, 2, pp. 64-101.

André G., André M. (2008) Le Pin à crochets (*Pinus uncinata* Ramond ex DC. var. *rotundata* [Link] Antoine) des tourbières : preuves historiques de son indigénat dans le massif jurassien et dynamique des peuplements suite aux actions anthropozoogènes, *Les nouvelles archives de la flore jurassienne* / SBFC, CBNFC, 6, pp. 57-110.

André G., André M. (2010) le Mont d'Or, un refuge de plantes rares connu dès le début du XVIII^e siècle, *Les nouvelles archives de la flore jurassienne*, SBFC, CBNFC, 8, pp. 123-162.

Annales. Histoire, Sciences Sociales (2015/2) *La longue durée en débat - Histoire des sciences*, 296 pages.

Appleby P.-G., Oldfield F. (1983) The calculation of ²¹⁰Pb dates assuming a constant rate of supply of unsupported ²¹⁰Pb to the sediment, *Catena*, 5, pp. 1-8.

Arbogast, R.-S., Richard A. (éd.) (2014) *Entre archéologie et écologie, une Préhistoire de tous les milieux. Mélanges offerts à Pierre Pétrequin*, Collection Annales littéraires, Presses universitaires de Franche-Comté, 528 pages.

Argant J., Bréheret J.-B., López Sáez J.-A. (2007) Analyse pollinique et microfossiles non polliniques, *Gallia*, Editions du CNRS, 64, pp.327-335.

Argant, J., Bravard, J.P., Bourguignon, J.P., Beal, J.C. (2011) Nouvelles données sur les changements paléoenvironnementaux de la plaine alluviale de la Saône depuis le Tardiglaciaire: palynologie, géomorphologie, *Quaternaire*, 22, pp. 235-260.

Armitage D., Guldi J. (2014) *The History Manifesto*, Cambridge University Press, 175 pages.

Arnaud F (2003) *Signature climatique et anthropique dans les sédiments holocènes des lacs du Bourget et d'Anterne (NO des Alpes) – Paléohydrologie et contamination au plomb*, Thèse, Université des Sciences et Technologie de Lille, 196 pages.

Arnaud, F., Revel, M., Chapron, E., Desmet, M., & Tribovillard, N. (2005) 7200 years of Rhône river flooding activity in Lake Le Bourget, France: a high-resolution sediment record of NW Alps hydrology, *The Holocene*, 15(3), pp. 420-428.

Arnaud, F., Révillon, S., Debret, M., Revel, M., Chapron, E., Jacob, J., Giguet-Covex C., Poulenard J., Magny, M. (2012) Lake Bourget regional erosion patterns reconstruction reveals Holocene NW European Alps soil evolution and paleohydrology, *Quaternary Science Reviews*, 51, pp. 81-92.

Arnold C. (1998) Situation de la vigne sauvage *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* en Europe, *Vitis*, 37, pp. 159-170.

B

Bakker M., van Smeerdijk D.-G. (1982) A palaeoecological study of a late Holocene section from “Het IJperveld”, Western Netherlands, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 36, pp. 95–163.

Ballut C., Vautier F., Gaby G., (2005) Contribution de la géographie et de la géomorphologie à la spatialisation des informations paléoenvironnementales : Limagne humide et bassin versant de Montchâtre (Massif Central français), in : *Actes des XXVe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, Temps et espaces de l'homme en sociétés, Analyses et modèles spatiaux en Archéologie*, 21-23 octobre 2004, Palais des Congrès de Juan-les-Pins, pp. 517-526.

Ballut C., Prat B., López-Sáez J.-A., Gaby G., Cabanis M. (2008) Evolution environnementale d'une zone humide et de son bassin versant depuis la fin de l'âge du fer : le maar de Montchâtre (Massif Central, France), *Quaternaire*, 19, (1), pp.69-79.

Barbero, D. (2001) *Représentation cartographique d'une image vécue : le cadastre sarde. Essai de géographie historique*, Thèse de doctorat, 3 volumes, Université Jean Moulin Lyon III.

Barbier D. (1999) Histoire de la végétation du nord-mayennais de la fin du Weichsélien à l'aube du XXI^e siècle. Mise en évidence du Tardiglaciaire armoricain, Interactions Homme-Milieu, *Groupe d'Etudes des Milieux Naturels*, Nantes, 2 tomes, 285 pages.

Barbier D., Burnouf J., Visset L. (2001) Les diagrammes Sociétés/Végétation : un outil de dialogue interdisciplinaire pour la compréhension des interactions Homme/Milieus, *Quaternaire*, 12, 1-2, pp. 103-108.

Barbier D., Burnouf J., Visset L. (2002) Une source pollinique et son exploitation, *Histoire & Sociétés Rurales*, 2, 18, pp. 137-158.

Baud D. (2010) *Etude des dynamiques d'occupation du sol et des paysages alpins : des archives cadastrales des Pays de Savoie aux Systèmes d'Information Géographique*, Thèse de Doctorat en Géographie, Université de Savoie, 352 pages.

Beaulieu J.-L. de (2006) Itinéraires de palynologues, pratiques pluridisciplinaires d'une expertise d'interface, in : Legay J.-M. dir., *L'interdisciplinarité dans les sciences de la vie*, Editions QUAE, 172 pages.

Beaulieu J.-L. de, Richard H., Ruffaldi P., Clerc J. (1994) History of vegetation, climate and human action in the French Alps and the Jura over the last 15,000 years, *Dissertationes Botanicae*, 234, pp. 253.

Beaulieu J.-L. de, Leveau P., Miramont C., Palet J.M., Walsh K., Court-Picon M., Ricou F., Segard M., Sivan O., Andrieu-Ponel V., Badura M., Bertucchi G., Boutterin C., Durand A., Edouard J.-L., Lavoie M., Morin A., Mocchi F., Ponel P., Pothin A., Py V., Talon B., Tzortzis S., Bonet R., Columeau P., Cortot H., Garcia D. (2003) Changements environnementaux postglaciaires et action de l'homme dans le bassin du Buëch et en Champsaur (Hautes-Alpes, France). Premier bilan d'une étude pluridisciplinaire, in : *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*. T. Muxart, F.-D. Vivien, B. Villalba, J. Burnouf éd., p. 93-100.

Beck P. (1999) Le paysage : conclusion, *Hypothèses* 1/1999, (2), p. 115-118.

Behre, K.-E. (1981) The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams, *Pollen et spores* 23 (2), pp. 225-245.

Behre K.-E. (1986) *Anthropogenic indicators in pollen diagrams*, Rotterdam, Pays-Bas, A.A. Balkema, 232 pages.

Behre K.-E. (1988) The role of man in European vegetation history, in Huntley B., Webb T., *Vegetation History*, III, pp. 633-672.

Belle S., Verneaux V., Millet L., Parent C., Magny M. (2015) A case-study of the past CH₄ cycle in lakes by the combined use of dual isotopes (carbon and hydrogen) and ancient DNA of methane-oxidizing bacteria : rearing experiment and application to Lake Remoray (eastern France), *Aquatic ecology*, 49, pp. 279-291.

Belle S., Millet L., Verneaux V., Etienne D., Murgia L., Lami A., Musazzi S., Parent C., Gauthier E., Bichet V., Magny M. (Soumis) From benthic trophic reliance on methane to “dead zones” in lakes: the unprecedented impact of 20th century human pressures.

Bennett, K.-D. (1994) Confidence intervals for age estimates and deposition times in late-Quaternary sediment sequences, *The Holocene*, 4(4), pp. 337-348.

Berglund, B., Ralska-Jasiewiczowa, M. (1986) Pollen analysis and pollen diagrams, *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*, John Wiley & Sons, Chichester, pp. 455-484.

Bertrand G. (1975) « Pour une histoire écologique de la France rurale, l'impossible tableau géographique », in : DUBY, G., WALLON, A. (dir.) *Histoire de la France rurale*, Tome 1, Seuil, Paris, pp. 8-118.

Bettinger L. & Ormaux S. (2011) La moyenne montagne européenne, approche d'un concept-problème à partir de l'exemple français, *Insaniyat*, n°53, pp.17-39.

Beug H.-J. (2004) *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*, F. Pfeil, München, Allemagne, 542 pages.

Biasini F. (2011) *Hommes et paysages sur les pentes reconquises du Mont Granier suite au glissement de 1248*, Mémoire de Master 2, Université Paris I Panthéon-Sorbonne, 138 pages.

Bichet, P., Millotte, J.-P., Darteville, H. (1992) *L'âge du fer dans le haut Jura: les tumulus de la région de Pontarlier, Doubs*, DAF, 34, Paris, Editions de la Maison des sciences de l'homme, 151 pages.

Bichet V. (1997) *Impact des contraintes environnementales sur la production sédimentaire d'un bassin versant jurassien au cours du postglaciaire. Le système limnologique de Chaillexon (Doubs - France)*, Thèse, Université de Bourgogne, 209 pages.

Bichet V., Garnier E., Gresser P., Magny M., Richard H., Vermot-Desrosches B. (2015) *Histoire du climat en Franche-Comté, du jurassique à nos jours*, Editions du Belvédère, 236 pages.

Birks, H.-J.-B., & Heegaard, E. (2003) Developments in age-depth modelling of Holocene stratigraphical sequences, *Pages News*, 11, pp. 7-8.

- Blaauw, M. (2010) Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences, *Quaternary Geochronology*, 5(5), pp. 512-518.
- Blanc C. (1986) *Recherches sur les sédiments du lac de St-Point. Étude des paramètres physico-chimiques des eaux de contact, des eaux interstitielles et des sédiments*, Mémoire de D.E.S.S. "Eaux continentales" Université de Franche-Comté, 91 p.
- Blant M. (dir) (2001) *Le Jura. Les paysages, la vie sauvage, les terroirs*, éd. Delachaux et Niestlé, 351 pages.
- Bloch M. (1931) *Les caractères originaux de l'histoire rurale française*, Paris, Les Belles lettres, 261 pages.
- Bouby L., Marinval P. (2001) La vigne et les débuts de la viticulture en France: apports de l'archéobotanique, *Gallia*, 58(1), pp. 13-28.
- Bouby L., Ruas M.-P. (2005) Prairies et fourrages : réflexions autour de deux exemples carpologiques de l'Âge du Fer et des Temps Modernes en Languedoc, *Anthropozoologica*, 40(1), pp.109-145.
- Bouby L., Terral J.-F., Ivorra S., Marinval P., Pradat B., Ruas M.-P. (2006) Vers une approche bio-archéologique de l'histoire de la vigne cultivée et de la viticulture : problématique, choix méthodologiques et premiers résultats, *Archéologie du Midi Médiéval*, 23/24, pp. 61-74.
- Bourgeois E. (1990) *Evolution du peuplement et de la végétation, à travers les données palynologiques dans le Val de Mouthe*, Mémoire de DEA, Université de Franche-Comté.
- Bozon P., Derruau M., Reffay A., Valadas B. (1980) La moyenne montagne. Essai de définition, milieux physiques, typologie (Middle moutain, as a whole), *Bulletin de l'Association de géographes français*, vol.57, n° 468, pp. 157-172.
- Brochier, J. L., Borel, J. L., & Druart, J. C. (2007) Les variations paléoenvironnementales de 1000 avant à 1000 après JC et la question des «optima» climatiques de l'Antiquité tardive et du Moyen Âge sur le piémont des Alpes du nord à Colletière, lac de Paladru, France, *Quaternaire*, 18(3), pp. 253-270.
- Broström A. (2002) Estimating source area of pollen and pollen productivity in the cultural landscapes of southern Sweden-developing a palynological tool for quantifying past plant cover, *LUNDQUA*, 46, 42 pages.

Brumont F. (dir.) (2008) *Prés et pâtures dans l'Europe occidentale, Actes des XXVIIIe Journées internationales d'histoire de l'Abbaye de Flaran 15 et 16 septembre 2006*, Presses de l'Université du Mirail, 292 pages.

Brun C. (2007) *Archéophytes et néophytes. Pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l'anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté*, Université de Franche-Comté, 421 pages.

Bully S. (2009) Archéologie des monastères du premier millénaire dans le Centre-Est de la France. Conditions d'implantation et de diffusion, topographie historique et organisation, *Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre*, 13, pp. 257-290.

Bully S., Sapin C. (2011) Les monastères en Europe occidentale (Ve-Xe siècle). Topographie et structures des premiers établissements en Franche-Comté et en Bourgogne. Projet collectif de recherche [PCR], *Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre*, 15, Auxerre, pp. 119-129.

Bunting M.J., Gaillard M.-J., Sugita S., Midelton R., Broström A. (2004) Vegetation structure and pollen source area, *The Holocene*, 14/5, pp. 651-660.

Burnouf J., Carcaud N., Cubizolle H., Garcin M., Tremont L., Visset L. (2003) Interactions sociétés/milieux dans le bassin versant de la Loire depuis le Tardiglaciaire jusqu'à la période industrielle, in : *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, collection environnement, Elsevier, pp. 65-77.

Burnouf J., Puig C., Durand A., Duceppe-Lamarre F., Guizard-Duchamp F., Bailly-Maître M.-C., Beck C. (2007) Sociétés, milieux, ressources : un nouveau paradigme pour les médiévistes, in : *Actes des congrès de la Sociétés des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public, Etre historien du Moyen Age au XXIe siècle*, 38e congrès, Île de France, pp. 95-132.

C

Cabello Sáenz Santa Maria F., de Luis Villota, P., Tortosa Tortola M.-E. (1994) Palynological study of the pollen grain of *Vitis vinifera* L. cultivars. Some aspects of sculpturing and pollination. *Vitis*, 33(2), pp.57-61.

Carteron M., Trivaudey M.-J. (1991) Profil historique des formations végétales de trois réserves naturelles Remoray, Valbois, Frotey, *Les cahiers de l'environnement : études et recherches en écologie comtoise*, 11, 116 pages.

Carry-Renaud, E. (2011) *L'homme et la forêt dans la Haute-Vallée du Doubs à la fin du Moyen Âge : modalités et paradoxes d'une anthropisation tardive*, Thèse, Université de Franche-Comté, 2 vol., 847 pages.

Chapuis R. (2007) *Vers des campagnes citadines, le Doubs (1975-2005)*, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté / Cêtre, 206 pages.

Chenorkian R., Robert S. (éd) (2014) *Les interactions hommes-milieus. Questions et pratiques de la recherche en environnement*, Éd. Quae, Coll. Indisciplines, 182 pages.

Chouquer G., Watteaux M. (2013) *L'archéologie des disciplines géohistoriques*, collection « Traité d'archéogéographie », Paris, Errance, 408 pages.

Clerc J. (1985) Première contribution à l'étude de la végétation Tardiglaciaire et Holocène du piémont Dauphinois, *Documents de cartographie écologique*, vol. 28, pp. 65-83.

Clerc J. (1988) *Recherches pollenanalytiques sur la paléoécologie Tardiglaciaire et Holocène du Bas-Dauphiné*. Thèse, Université d'Aix-Marseille.

Corvol A. (dir.) (1999) *Les sources de l'histoire de l'environnement. Tome II, le XIXe siècle*, coédition Direction des Archives de France-Institut d'Histoire moderne et contemporaine, Paris, L'Harmattan, 504 pages.

Corvol A. (dir.) (2003) *Les sources de l'histoire de l'environnement. Tome III : le XXe siècle*, coédition Direction des Archives de France-Institut d'Histoire moderne et contemporaine, Paris, L'Harmattan, 756 pages.

Court-Picon M. (2007) *Mise en place du paysage dans un milieu de moyenne et haute montagne du tardiglaciaire à l'époque actuelle: analyse du signal palynologique en Champsaur (Hautes-Alpes, France) à l'interface des dynamiques naturelles et des dynamiques sociales*, Thèse, Université de Franche-Comté, 3 vol., 732 pages.

Coûteaux M. (1983a) Déboisements d'altitude par les charbonniers de l'Oisans : contribution pollenanalytique. Actes du 108ème congrès des Sociétés savantes (Grenoble), éd. CTHS (Paris), Philo. et hist., pp. 69-87

Coûteaux, M. (1983b) Géomorphologie et évolution phytogéographique tardiglaciaires et holocènes aux Deux-Alpes (Isère-France): contribution pollenanalytique. *Revue de géographie alpine*, 71(2), pp.143-163.

Croudace, I.-W., Rindby, A., & Rothwell, R.-G. (2006) ITRAX: description and evaluation of a new multi-function X-ray core scanner, *Special publication-geological society of London*, 267, pp. 51-63.

Croudace I.-W., Rothwell R.-G. (2015) *Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a non-destructive tool for the environmental sciences*, Developments in Paleoenvironmental Research, 17, Springer, 656 pages.

Costa de Beauregard J.-B. (1774) *Essai sur l'amélioration de l'agriculture dans les pays montueux, et en particulier dans la ci-devant Savoie; avec des recherches sur les principes et les moyens propres à augmenter la population, la vivification et le bien-être des peuples*, 286 pages.

Cugny C. (2011) *Apports des microfossiles non-polliniques à l'histoire du pastoralisme sur le versant nord pyrénéen. Entre référentiels actuels et reconstitution du passé*, vol.1, Thèse, Université Toulouse le Mirail, , 280 pages.

Cugny C., Mazier F., Galop D. (2010) Modern and fossil non-pollen palynomorphs from the Basque mountains (western Pyrenees, France): the use of coprophilous fungi to reconstruct pastoral activity, *Vegetation History and Archaeobotany*, 19, 5-6, pp. 391-408.

Cupillard C. (2010) *Le Mésolithique et le début du Néolithique dans la haute vallée du Doubs*, Thèse, Université de Franche-Comté, 3 vol., 440 pages.

Cupillard C., Magny M., Richard H., Ruffaldi P., Marguier S. (1994) Mésolithisation et Néolithisation d'une zone de moyenne montagne : évolution du peuplement et du paysage de la haute vallée du Doubs, rapport ATP, Laboratoire de Chrono-Ecologie, 120 pages.

Cupillard C., Magny M., Bichet V., Bocherens H., Bégeot C., Bridault A., Bossuet G., Drucker D., Gauthier E., Jouannic G., Millet L., Richard H., Rius D., Ruffaldi P., Anne-Véronique W. (2014), Ecosystem and human responses to palaeoclimate changes in the Jura Mountains between 40 and 8 ka cal BP, *Quaternary International*, Elsevier, 2014, pp.1- 33.

D

Daubigney A. (1983) Microtoponymie, archéologie et forêts anciennes de Saint-Aubin. Données pour une archéologie du paysage du finage (Jura), *Revue Archéologique de l'Est et du Centre-Est*, 3-4, pp. 221-246.

Daubigney A. et Richard H. (1986) Palynologie et données historiques, archéologiques et microtoponymiques : essai de corrélation, *Du pollen au cadastre*, Actes du colloque de Lille : groupe d'histoire des forêts françaises, 10-12 octobre 1985, Hommes et Terres du Nord, 2-3, pp. 98-101.

Daux V., Lécuyer C., Adam F., Martineau F., Vimeux F. (2005) Oxygen isotope composition of human teeth and the record of climate changes in France (Lorraine) during the last 1700 years, *Clim. Change*, 70, pp. 445-464.

Davasse B. (2015) *La trace des temps. Les complexes socio-écologiques au prisme du paysage. Pour une géographie de l'environnement impliquée*. Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Toulouse-Jean Jaurès, vol.1, 137 pages.

David F., Damblon F., Farjanel G., Juvigné E., Streel M., Berthier F. (2006) Variabilité des enregistrements polliniques en montagne et reconstitutions paléoécologiques, *Belgeo*, 3.

David R. (2014) *Modélisation de la végétation du Nord-Ouest de la France : reconstruction de la chronologie et de l'évolution du couvert végétal du Bassin parisien et du Massif Armoricaïn*, Thèse, Université de Rennes, 278 pages.

De Jong E., Nestor P.-A., Pennock D.-J. (1998) The use of magnetic susceptibility to measure long-term soil redistribution, *Catena*, 32, pp. 23-35.

Delsalle P. (2000) *La Franche-Comté au temps de Charles Quint*, Presses Universitaires de Franche-Comté, 344 pages.

Delsalle P., Delobette L. (2003) *La Franche-Comté à la charnière du Moyen Âge et de la Renaissance, 1450-1550*, Actes du colloque de Besançon, 10-11 octobre 2002, Presses Univ. Franche-Comté, 512 pages.

De Mouxy de Loche F. (Général Comte) (1829) Du sarrasin ou blé noir, in : *Bulletins de la Chambre royale d'agriculture et de commerce de Savoie*: quatrième livraison, Routin, Bottero et Alessio, imprimeurs du Roi, pp. 34-46.

Dion R. (1934) *Essai sur la formation du paysage français*, Tours, Arrault et C^{ie} (1^{ère} édition).

Diaz H.-F., Trigo R., Hughes M.-K., Mann M.-E., Xoplaki E., Barriopedro D. (2011) Spatial and Temporal Characteristics of Climate in Medieval Times Revisited, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 92, pp. 1487-1500.

Diètre B., Gauthier É., Gillet F. (2012) Modern pollen rain and fungal spore assemblages from pasture woodlands around Lake Saint-Point (France), *Review of Palaeobotany and Palynology*, 186 (0), pp. 69-89.

Diètre B., Walser C., Lambers K., reitmaier T., Hadjas I., Haas J.-N. (2014) Palaeoecological evidence for Mesolithic to Medieval climatic change and anthropogenic impact on the Alpine flora and vegetation of the Silvretta Massif (Switzerland/Austria), *Quaternary International*, 353, pp. 3-16.

Diry J.-P. (1995) Moyennes montagnes d'Europe occidentale et dynamiques rurales, *Revue de géographie alpine*, 83/3, pp. 15-26.

Doyen, E., Vanniere, B., Berger, J.-F., Arnaud, F., Tachikawa, K., Bard, E. (2013) Land-use changes and environmental dynamics in the upper Rhone valley since Neolithic times inferred from sediments in Lac Moras, *The Holocene*, 23, pp. 961-973.

Duby G. (1962) *L'économie rurale et la vie des campagnes dans l'Occident médiéval*, Paris, Aubier, 2 volumes.

Duby G. et Wallon A. (dir.) (1975-1976) *Histoire de la France rurale*, Paris, éd. Du Seuil, 4 tomes.

Dufraisie A., Gauthier E. (2002) Exploitation des sources salées en Franche-Comté : impact sur l'espace forestier du néolithique à la période médiévale, in : Weller O. (éd.), *Archéologie du sel. Techniques et sociétés dans la Pré- et Protohistoire européenne*, Internationale Archäologie, ASTK 3, Rhaden/Westf., Verlag Marie Leidorf., pp. 243-257.

E

Ejarque A., Miras Y., Riera S., Palet J., Orengo H. (2010) Testing micro-regional variability in the Holocene shaping of high mountain cultural landscapes: a palaeoenvironmental case-study in the eastern Pyrenees, *Journal of Archaeological Science*, 37 (7), pp. 1468-1479.

Enters, D., Lücke, A., & Zolitschka, B. (2006) Effects of land-use change on deposition and composition of organic matter in Frickenhauser See, northern Bavaria, Germany, *Science of the Total Environment*, 369(1), pp. 178-187.

Etienne D. (2011) *Les mardelles intra-forestières de Lorraine : origines, archives paléo-environnementales, évolutions dynamiques et gestion conservatoire*, Thèse, Université de Nancy 1, INRA.

Etienne D., Wilhelm B., Sabatier P., Reyss J.-L., Arnaud F. (2013) Influence of sample location and livestock numbers on *Sporormiella* concentrations and accumulation rates in surface sediments of Lake Allos, French Alps, *Journal of Paleolimnology*, 49 (2), pp. 117-127.

Etienne D., Jouffroy-Bapicot I. (2014) Optimal counting limit for fungal spore abundance estimation using *Sporormiella* as a case study, *Vegetation history & Archaeobotany*, 23 (6), pp. 743-749.

Eynard-Machet R. (1993) Anciens cadastres et évolution des paysages. Cartographie historique de l'occupation des sols dans les Alpes de Savoie, France, *Revue de géographie alpine*, 81(3), pp. 51-66.

F

Faegri K., Iversen J. (1989) *Textbook of Pollen Analysis*, Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore: John Wiley & Sons, 328 pages.

Fau L. (dir.) (2006) *Les monts d'Aubrac au Moyen Âge. Genèse d'un monde agropastoral*, (DAF, 101) Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 214 pages.

Faure E. (2012) *"Hautes terres" : l'anthropisation des monts d'Aubrac et du Lézou (Massif Central, France) durant l'holocène : approche palynologique des dynamiques socio-environnementales en moyenne montagne*, Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail.

Febvre L. (1922) *La terre et l'évolution humaine*, Paris, A. Michel (1^{ère} édition).

Forel B., Monna F., Petit C., Bruguier O., Losno R., Fluck P., Bégeot C., Richard H., Bichet V., Chateau C. (2010) Historical mining and smelting in the Vosges Mountains (France) recorded in two ombrotrophic peat bogs, *Journal of Geochemical Exploration*, 107(1), pp. 9-20.

Fressoz J.-B., Graber F., Locher F., Quenet G. (2014) *Introduction à l'histoire environnementale*, Paris, La Découverte « Repères », 128 pages.

G

Gaillard M.-J., Sugita S., Bunting M.-J., Middleton R., Broström, A, (...) and POLLANDCAL members (2008) The use of modelling and simulation approach in reconstructing past landscapes from fossil pollen data: a review and results from the POLLANDCAL network, *Vegetation History and Archaeobotany*, 17, pp. 419-443.

Galop D. (1998) *La forêt, l'homme, le troupeau dans les Pyrénées. 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée*, Géode, Laboratoire d'écologie terrestre, FRAMESPA, Presses de l'Université Toulouse-Le Mirail, 285 pages.

Galop D. (1999) Le parchemin et le pollen : la Cerdagne médiévale, de l'archive écrite à l'archive naturelle, in Debax H. dir. *Les sociétés méridionales à l'âge féodal, Hommage à Pierre Bonnassie*, Université de Toulouse-Le Mirail, Collection Méridiennes, Toulouse, pp.35-43.

Galop D. (2000) La croissance médiévale sur le versant nord des Pyrénées à partir des données palynologiques, *Villages pyrénéens*, pp.45-54.

Galop D., Mazier F., Lopez-Saez J.-A., Vannière B. (2003) Palynologie et histoire des activités humaines en milieu montagnard. Bilan provisoire des recherches et nouvelles orientations méthodologiques sur le versant nord des Pyrénées. *Archéologie du Midi Médiéval*, pp.159-170.

Garlatti, G. (2007) *Histoire des Marches : à l'ombre du Granier, chronique d'un village de Savoie*, La fontaine de Siloé, 157 pages.

Garnier E. (2010) *Les dérangements du temps : 500 ans de chaud et de froid en Europe*, Paris : Plon, 244 pages.

Gauthier E. (2000) Mise en évidence pollinique de la culture de la vigne au 1er siècle après J.-C. dans la plaine du Doubs (Neublans, Jura), *Revue d'archéométrie*, 24(1), pp. 63-69.

Gauthier E. (2001) Evolution de la végétation du massif jurassien au cours des trois derniers millénaires: les impacts climatiques et anthropiques, in *Carte archéologique de la Gaule. Le Jura.*, Rothé, M.-P., pp.71-74.

Gauthier E. (2004) *Forêts et agriculteurs du Jura: les quatre derniers millénaires*, Série Environnement, Sociétés et Archéologie, 6, Besançon, Presses universitaires franc-comtoises, 197 pages.

Gauthier E. (2006) Dynamiques des activités agropastorales gallo-romaine et médiévale en moyenne montagne : le Jura (France), in: Miras & Surmely (eds), *Environnement et peuplement de la moyenne montagne du Tardiglaciaire à nos jours*, Actes de la table ronde internationale de Pierrefort (Cantal) du 19 au 20 juin 2003, Besançon, Presses universitaires franc-comtoises, pp. 123-133.

Gauthier E. (2012) *Pollen et Microfossiles : des crêts du Jura aux fjords du Groenland*, Habilitation à diriger des recherches, Université de Franche-Comté, 154 pages.

Gauthier E., Joly C. (2003) Vignoble et viticulture dans le Centre-Est de la France au 1er siècle apr. J.-C., in : Favory F. et Vignot A.(éd.) *Actualité de la Recherche en Histoire et Archéologie agraires*, Actes du Colloque AGER V, 19-20 septembre 2000, Annales littéraires 764, Série « Environnement, sociétés et archéologie » 5, Presses universitaires de Franche-Comté, pp. 191-208.

Gauthier E., Richard H. (2007) La forêt jurassienne au cours des deux derniers millénaires à la lumière de quelques diagrammes polliniques, in : *La mémoire des forêts : actes du colloque Forêt, archéologie et environnement*, 14-16 décembre 2004, Office national des forêts, Institut national de la recherche agronomique, Direction régionale des affaires culturelles de Lorraine, pp. 57-67.

Gauthier E., Richard H., Magny M., Peyron O., Arnaud F., Jacob J., Marguet A., Billaud Y. (2008) Le lac du Bourget (Savoie, France) à l'Âge du Bronze : végétation, impacts anthropiques et climat, in : Richard H., Garcia D., *Le peuplement de l'arc alpin*, Editions du CTHS, Paris, pp.107-121.

Gauthier E., Murgia L., Bichet V., Leroux A., Richard H. (2014) Le Néolithique de la haute chaîne du Jura français, in : Arbogast R.-M. et Greffier-Richard A. (dir.), *Entre Archéologie et Écologie, Une Préhistoire de Tous Les Milieux*, Mélanges Offerts À Pierre Pétrequin, Presses universitaires de Franche-Comté, pp. 105-116.

Gauthier E., Richard H. (2015) Histoire de la forêt jurassienne : le regard du palynologue, in : Corvol et al. (dir) *Actes du colloque international Forêt et Montagne*, Chambéry, 12-14 septembre 2012, Groupe d'Histoire des forêts françaises, L'Harmattan.

Garlatti G. (2013) La conquête de l'Abyme, in : Garlatti (dir.) *Mémoire et Patrimoine de Les Marches*, Bulletin de l'Association Mémoire et Patrimoine de Les Marches n°13, mai 2013, pp. 3-16.

Giguet-Covex C. (2010) *Contribution des sédiments laminés lacustres à l'étude des changements environnementaux holocène - Approche couplée sédimentologie/géochimie à haute résolution - Application à deux lacs nord alpins*, Thèse, Université de Savoie, 335 pages.

Girard M., Bintz P., Bocquet, A. (1981) La végétation et les climats au Tardiglaciaire et à l'Holocène en Savoie d'après l'étude pollinique des grottes de Saint-Thibaud-de-Couz, *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 18/2, pp. 89-106

Girel J. (2006) Quand le passé éclaire le présent : écologie et histoire du paysage, *Géocarrefour*, 81/4, pp. 249-264.

Gobet N. (1986) Les Groupements végétaux de la réserve naturelle du lac de Remoray, *Les Cahiers de l'environnement. Etudes et recherches en écologie comtoise*, 2, pp. 3-61.

Goepp S. (2007) *Origine, histoire et dynamique des Hautes-Chaumes du massif vosgien. Déterminismes environnementaux et actions de l'Homme*, Thèse, université Louis-Pasteur-Strasbourg I, 286 pages.

Goldberg E.-D. (1963) Geochronology with lead-210, *Radioactive dating*, IAEA, Vienna, pp. 121-131.

Goosse H., Cressin E., Dubinkina S., Loutre M., Mann M., Renssen H., Sallaz-Damaz Y., Shindell D. (2012) The role of forcing and internal dynamics in explaining the 'Medieval Climate Anomaly', *Climate Dynamics*, 39, 12, pp. 2847-2866.

Gresser P. (1989) *La Franche-Comté au temps de la guerre de Cent Ans*, Besançon, Cêtre, 311 pages.

Gresser P. (1992) *Le crépuscule du Moyen Âge en Franche-Comté*, Besançon, Cêtre, 311 pages.

Gresser, P. (2002) L'indispensable pluridisciplinarité dans l'étude de la rupture des écosystèmes : le cas de la colonisation de la Chaîne jurassienne au Moyen Âge, *in*: Richard H. et Vignot A. (dir.) *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest*, Actes du colloque international de Besançon, septembre 2000, Presses universitaires de Franche-Comté, Besançon, pp. 431–446.

Gresser, P. (2012) *La peste en Franche-Comté au Moyen-Âge*, Cêtre, 424 p.

Gresser P. (2015) Histoire de la forêt jurassienne : le regard du médiéviste, *in* : Corvol *et al.* (dir.) *Actes du colloque international Forêt et Montagne*, Chambéry, 12-14 septembre 2012, Groupe d'Histoire des forêts françaises, L'Harmattan.

Gresser P., Richard H. (1986) Palynologie et sources écrites : le cas du Jura à l'époque médiévale, *Du pollen au cadastre*, Actes du colloque de Lille : groupe d'histoire des forêts françaises, 10-12 octobre 1985, Hommes et Terres du Nord, 2-3, pp. 98-101

Grimm, E.-C. (1987) CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares, *Computers & Geosciences*, 13(1), pp.13-35.

Grove J.M. (2004) *Little Ice Ages. Ancient and Modern*, vol. 1&2 (2nd ed), Routledge, London, New York.

Grove J.-M., Switsur R. (1994) Glacial geological evidence for the Medieval Warm Period, *Climatic Change*, 26, pp. 143-169.

Guilaine J. (dir.) (1991), *Pour une archéologie agraire. A la croisée des sciences de l'homme et de la nature*, A. Colin, 576 pages.

Guilaine J. (2000) Changeons d'échelles : pour la très longue durée, pour de larges espaces, *Études rurales*, 153-154, pp. 9-21.

Guilleré C. (1999) Espace et population après l'effondrement du Granier, *in* : Académie de Savoie (1999) *L'Éboulement du Granier et le sanctuaire de Myans*: actes du colloque de Myans 5, 6 et 7 juin 1998, deuxième série, Tome 1, Chambéry, pp.159-168.

Gumuchian, H. (1991) *Représentations et Aménagement du territoire*, éd. Anthropos, Paris, 135 pages.

H

Haas J.-N. (1996) Neorhabdocoela oocytes. Palaeocological indicators found in pollen preparations from Holocene freshwater lake sediments, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91, pp. 371-382.

Hilal M., Barczak A., Tourneux F.-P., Schaeffer Y., Houdart M., Cremer-Schulte D. (2012) Typologie des campagnes françaises et des espaces à enjeux spécifiques (littoral, montagne et DOM) Synthèse, *Travaux en ligne*, n°12, Datar, 80 pages.

Hillbrand M., Hadorn P., Cugny C., Hasenfratz A., Galop D., Haas J.-N. (2012) The palaeoecological value of *Diporotheca rhizophila* ascospores (Diporothecaceae, Ascomycota) found in Holocene sediments from Lake Nussbaumersee, Switzerland, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 186, pp. 62–68.

Hillbrand M., van Geel B., Hasenfratz A., Hadorn P., Haas J.-N. (2014) Non-pollen palynomorphs show human- and livestock-induced eutrophication of Lake Nussbaumersee (Thurgau, Switzerland) since Neolithic times (3840 BC), *The Holocene*, 24(3), pp. 327-345.

Holzhauser H. (1988) Méthodes pour déterminer les variations des glaciers au cours des siècles, *Les Alpes*, Numéro spécial du 125e anniversaire du CAS, Revue du Club Alpin Suisse 3e cahier trimestriel (64e année), pp. 135-141.

Holzhauser H. (1997) Fluctuations of the Grosser Aletsch Glacier and the Gorner Glacier during the last 3200 years: new results, in: Frenzel B. (éd.), *Glacier fluctuations during the Holocene, Paläoklimaforschung/Palaeoclimate Research*, 24, pp. 35-58.

Holzhauser, H., Magny M.-J., Zumbühl H.J. (2005) Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years, *The Holocene*, 15/6, pp. 789-801.

Hughes M.K., Diaz H.F. (1994) Was there a Medieval Warm Period, and if so, where and when?, *Climatic Change*, 26 (2–3), pp. 109-142.

J

Jacob J., Disnar J.-R., Arnaud F., Gauthier E., Billaud Y., Chapron E., Bardoux G. (2009) Impacts of new agricultural practices on soil erosion during the Bronze Age in the French Prealps, *The Holocene*, 19 (2), pp. 241-249.

Jankovská V., Komárek J. (2000) Indicative value of *Pediastrum* and other coccal green algae in palaeoecology, *Folia Geobotanica*, 35(1), pp. 59-82.

Jeannin L. (1997) *L'abbaye de Mont-Sainte-Marie à l'époque moderne d'après les inventaires et procès-verbaux de visite*, Mémoire de Maîtrise, Université de Franche-Comté.

Jollivet M. (dir.) (1992) *Sciences de la nature, sciences de la sociétés : Les passeurs de frontières*, CNRS éditions, Paris.

Joly, C., Barillé, L., Barreau, M., Mancheron, A., & Visset, L. (2007) Grain and annulus diameter as criteria for distinguishing pollen grains of cereals from wild grasses, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 146(1), pp. 221-233.

Jouffroy-Bapicot I. (2010) *Evolution de la végétation du massif du Morvan (Bourgogne - France) depuis la dernière glaciation à partir de l'analyse pollinique: Variations climatiques et impact des activités anthropiques*, Thèse, Université de Franche-Comté, 2 volumes, 372 pages.

K

Khodri M., Swingedouw D., Mignot J., Sicre M.-A., Garnier E., Masson Delmotte V., Ribes A., Terray L. (2015) Le climat du dernier millénaire, *La Météorologie*, 18, pp. 36-47.

Komárek J., & Jankovská V. (2001) Review of the green algal genus *Pediastrum* ; implication for pollen-analytical research, *Biblioth. Phycol. Band*, 108, J. Cramer, 127 pages.

Krautberger N. (2012) *Des dommages et des hommes : les économies du malheur dans les Alpes (XVIIIe-XIXe siècles)*, Thèse de doctorat, Université de Grenoble, 810 pages.

L

Lacombe T. (2012) *Contribution à l'étude de l'histoire évolutive de la vigne cultivée (Vitis vinifera L.) par l'analyse de la diversité génétique neutre et de gènes d'intérêt*, Thèse, Montpellier SupAgro, 328 pages.

Lacombe T., Laucou V., Di Vecchi M., Bordenave L., Bourse T., Siret R., David J., Boursiquot J.-M., Bronner A., Merdinoglu D., This P. (2003) Contribution à la caractérisation et à la protection in situ des populations de *Vitis vinifera* L. ssp. *silvestris* (Gmelin) Hegi, en France, *Les Actes du BRG*, 4, pp. 381-404.

Laine A. (2012) *Histoire de la végétation et des activités agropastorales des plaines de Saône et de Champagne - L'apport des grains de pollen et des microfossiles non polliniques*, Université de Franche-Comté, 242 pages.

Lamb H. (1965) The early medieval warm epoch and its sequel, *Palaeogeogr., Palaeoclim. and Palaeoecol.*, 1/1, pp. 13-37.

Lamb H. (1977) *Climate: Present Past and Future, Vol. 2: Climatic History and the Future*, Methuen, London, 837 pages.

Lavoie M., Pulido M., Baron S., Ploquin A., de Beaulieu J.-L., Bailly-Maitre M.-C., Carignan J., Allée Ph., Laurent S., Mahe Le Carlier C., Peytavin J. (2006) Le plomb argentifère ancien du mont Lozère (massif Central) : une approche historique, géologique et paléoenvironnementale, in : Miras et Surmely (dir.) *Environnement et peuplement de la moyenne montagne de Tardiglaciaire à nos jours*, Actes de la table ronde internationale de Pierrefort, 19-20 juin 2003, Série « Environnement, sociétés et archéologie », Annales littéraires de l'Université de Franche-Comté, Presses Universitaires de Franche-Comté, pp. 135-144.

Legay J.-M. (2006) *L'interdisciplinarité dans les sciences de la vie*, Versailles Cedex, Editions Quæ « Indisciplines », 174 pages.

Leroux A. (2010) *Caractérisation et évolution des flux détritiques et authigènes en contexte lacustre carbonaté au cours du Tardiglaciaire et de l'Holocène (Lac Saint-Point, Haute-Chaîne du Jura) : Implications paléoclimatiques et paléoenvironnementales*, Thèse, Université de Franche-Comté, 266 pages.

Leroux A., Bichet V., Walter-Simonnet A.V., Magny M., Adate T., Gauthier E., Richard H., Baltzer A. (2008) Late Glacial-Holocene sequence of Lake Saint-Point (Jura Mountains, France): Detrital inputs as records of climate change and anthropic impact, *Comptes Rendus Geoscience*, 340, 12, pp. 883-892.

Le Roy Ladurie E. (1967) *Histoire du climat depuis l'an mil*, Paris, Flammarion, 381 pages.

Le Roy Ladurie E. (2004) *Histoire humaine et comparée du climat. I. Canicules et glaciers, XIIIe-XVIIIe siècle*, Fayard, 739 pages.

Le Roy Ladurie E. (2006) *Histoire humaine et comparée du climat. II. Disettes et révolutions, 1740-1860*, Fayard, 611 pages.

Le Roy Ladurie E. (2009) *Histoire humaine et comparée du climat. III. Le réchauffement de 1860 à nos jours*, Fayard.

Le Roy Ladurie E., Rousseau D., Vasak A. (2011) *Les fluctuations du climat : de l'an mil à nos jours*, Paris, Fayard, 332 pages.

Létourneau A. (2008) La transdisciplinarité considérée en général et en sciences de l'environnement, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 8/2.

Leturcq S. (2004) *La vie rurale en France au Moyen âge : Xème-XVème siècle*, Collection Cursus, Paris, A.Colin, 180 pages.

Levadoux L. (1956) Les populations sauvages et cultivées des *Vitis vinifera* L., *Annales de l'amélioration des plantes*, 1, pp. 59-118.

Locatelli R. (1958) *L'Abbaye de Mont Sainte-Marie au Moyen Âge : Etude de ses origines et de son développement*, Thèse, Université de Franche-Comté, Besançon.

Locatelli R. (1967) La Région de Pontarlier au XIIe siècle et la fondation de Mont-Sainte-Marie, *Mémoires de la société pour l'histoire du droit et des institutions des anciens pays bourguignons, comtois et romands*, 28ème Fascicule, pp. 1-87.

Locatelli R. (1980) Une époque décisive : le Moyen Âge ou la naissance du Haut-Doubs, Publication du C.U.E.R., 3, pp. 156-185.

Locatelli R. (1990) Le peuplement du Haut-Jura jusqu'à l'an mil, Publication du C.U.E.R., 7, pp. 78-89.

Locatelli R. (1999) *L'Abbaye de Mont-Sainte-Marie et le Haut-Doubs forestier : 800 ans d'histoire*, Dijon, Les Amis de l'Abbaye de Mont-Sainte-Marie et de Saint-Théodule, 210 pages.

Lochet F., Quenet G. (2009) L'histoire environnementale : origines, enjeux et perspectives d'un nouveau chantier, *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 56 (4), p. 7-38

López-Sáez, J., van Geel, B., Farbos-Textier, S., Diot, M. F. (1998) Remarques paléoécologiques à propos de quelques palynomorphes non-polliniques provenant de sédiments quaternaires en France, *Revue de Paléobiologie*, 17, pp. 445-459.

López-Vila J., Montoya E., Cañellas-Boltà N., Rull V. (2014) Modern non-pollen palynomorphs sedimentation along an elevational gradient in the south-central Pyrenees (southwestern Europe) as a tool for Holocene paleoecological reconstruction, *The Holocene*, 24, pp. 327-345.

Louis, G. (1998) *La guerre de Dix Ans.*, Annales littéraires de l'Université de Franche-Comté, 51, Besançon, 380 p.

M

Magny M. (1993) Les fluctuations des lacs jurassiens et subalpins au Moyen Âge, *Histoire & Mesure*, 8/1-2, pp. 5-17.

Magny M. (1995) Paleohydrological Changes in Jura (France), and Climatic Oscillations around the North Atlantic from Allerød to Preboreal, *Géographie physique et Quaternaire*, 49/3, pp. 401-408.

Magny M. (2004) Fluctuations du niveau des lacs dans le Jura, les Préalpes françaises du Nord et le Plateau suisse, et variabilité du climat pendant l'Holocène, in: Miramont (dir.) *Méditerranée*, tome 102/1-2, Geosystèmes montagnards et méditerranéens. Un mélange offert à Maurice Jorda, pp. 61-70.

Magny M., Ruffaldi P. (1995) Younger Dryas and early Holocene lake-level fluctuations in the Jura Mountains, France, *Boreas*, 24/2, pp. 155-172.

Magny M., Arnaud F., Holzhauser H., Chapron E., Debret M., Desmet M., Leroux A., Revel M., Vannière B., Millet L. (2010) Solar and proxy-sensitivity imprints on paleohydrological records for the last millennium in west-central Europe, *Quaternary Research*, 73/2, pp.173-179.

Magny M., Arnaud F., Holzhauser H., Chapron E., Debret M., Desmet M., Leroux A., Millet L., Revel M., Vannière B. (2010) Solar and proxy-sensitivity imprints on palaeohydrological records for the last millennium in west-central Europe, *Quaternary Research*, 73, pp. 173–179.

Magny M., Peyron O., Gauthier E., Vannière E., Millet L., Vermot-Desroches B. (2011) Quantitative estimates of temperature and precipitation changes over the last millennium from pollen and lake-level data at Lake Joux, Swiss Jura Mountains, *Quaternary Research*, 75, pp. 45-54.

Magny M., Leroux A., Bichet V., Gauthier E., Walter-Simonnet A.-V., Richard H. (2013) Climate, vegetation, and land use as drivers of Holocene sedimentation: a case study from Lake Saint-Point (Jura Mountains, eastern France), *The Holocene*, 23, pp.137-147.

Maher L.-J. (1981) Statistics for microfossil concentration measurements employing samples spiked with marker grains, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 32, pp. 153-191.

Manfredi, S., Passard, F., Urlacher, J. P. (1992) *Les derniers barbares ? Au coeur du massif du Jura, la nécropole mérovingienne de la Grande Oye à Doubs*, Besançon, Cêtre, 143 pages.

Mann M.-E. (2002) Medieval climatic optimum, *in*: MacCracken M. & Perry J. (éd.) *Encyclopedia of Global Environmental Change*, Volume 1, The Earth System: Physical and Chemical Dimensions of Global Environmental Change, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, pp. 514-516.

Mann M.-E., Zhang Z., Rutherford S., Bradley R.S., Hughes M.-K., Shindell D., Ammann C., Faluvegi G., Ni F. (2009) Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly, *Science*, 326, pp. 1256-1260.

Marguerie, D. (1991) *Evolution de la végétation sous l'impact anthropique en Armorique du mésolithique au Moyen-Âge : études palynologiques et anthracologiques des sites archéologiques et des tourbières associées*, Thèse, Université de Rennes 1, 412 pages.

Mariet A.-L., Gimbert F., Bégeot C., Gauthier J., Fluck P., Walter-Simonnet A.-V. (2014) Etude diachronique et synchronique de la contamination en éléments traces métalliques sur le district minier de Sainte-Marie-aux-Mines, Vosges, *in* : Rossi M., Gasquet D., *Exploitations minières passées et présentes. Impacts environnementaux et sociétaux*, Collection Edytem n°17, pp. 99-108.

Marty, F. (1999) *Le domaine de l'Abbaye de Mont-Sainte-Marie du XIIIe au XVe siècle*, Mémoire de Maîtrise, Université de Franche-Comté.

Masson-Delmotte, V., Schulz M., Abe-Ouchi A., Beer J., Ganopolski J., González Rouco J.F., Jansen E., Lambeck K., Luterbacher J., Naish T., Osborn T., Otto-Bliesner B., Quinn T., Ramesh R., Rojas M., Shao X., Timmermann A., (2013) Information from paleoclimate archives, *in* : Stocker *et al.* (Eds) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.

Mayaud, J.-L. (1979) *Les Paysans du Doubs au Temps de Courbet*, Annales littéraires de l'Université de Besançon, Les Belles Lettres, Paris, 294 pages.

Mayaud J.-L. (2006) *Histoire de l'Europe rurale contemporaine. Du village à l'État*, Armand Colin, 405 pages.

Mazier, F. (2006) Modélisation de la relation entre pluie pollinique actuelle, végétation et pratiques pastorales en moyenne montagne (Pyrénées et Jura), Thèse, Université de Franche-Comté et Université de Neuchâtel, 228 pages.

Mazier F., Gaillard M.-J. (2011) Du pollen aux paysages : nouvelles méthodologies pour reconstituer les paysages, *in*: Studer J., David-Elbiali M., Besse M. (eds) *Paysage...Landshaft...Paesaggio...L'impact des activités humaines sur l'environnement du Paléolithique à la période romaine*, *Cahier d'Archéologie romande*, 120, pp. 11-18.

- Mazier F., Gaillard, M.-J., Kuneš, P., Sugita S., Trondman, A.K., Brostöm A. (2012) Effect of site selection and parameter setting on REVEALS model estimates of plant abundance using the Czech Quaternary Palynological Database: the LANDCLIM project I, *Review of paleobotany and palynology*, 187, pp. 38-49.
- McAndrews J.-H., Turton C.-L. (2007) Canada geese dispersed cultigen pollen grains from prehistoric Iroquoian fields to Crawford Lake, Ontario, Canada, *Palynology*, 31(1), pp. 9-18.
- McAndrews J.-H., Turton C.-L. (2010) Fungal spores record Iroquoian and Canadian agriculture in 2nd millennium ad sediment of Crawford Lake, Ontario, Canada, *Vegetation history and archaeobotany*, 19(5-6), pp. 495-501.
- Meyers P. (1994) Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter, *Chemical Geology*, 114, pp. 289-302.
- Messiez M. (2002) *La Combe de Savoie autrefois*, éd. La Fontaine de Siloé, coll. La chronique d'autrefois, 201 pages.
- Messiez M., Dupraz R. (1999) L'éboulement du Granier à l'origine d'un vignoble original?, in : Académie de Savoie (1999) *L'Éboulement du Granier et le sanctuaire de Myans*: actes du colloque de Myans 5, 6 et 7 juin 1998, deuxième série, Tome 1, Chambéry, pp. 209-228.
- Migeon S., Weber O., Faugeres J.-C., Saint-Paul J. (1998) SCOPIX: A new X-ray imaging system for core analysis, *Geo-Marine Letters*, 18, pp. 251-255.
- Millet, L., Giguët-Covex, C., Verneaux, V., Druart, J.-C., Adatte, T., Arnaud, F. (2010) Reconstruction of the recent history of a large deep prealpine lake (Lake Bourget, France) using subfossil chironomids, diatoms, and organic matter analysis: towards the definition of a lake-specific reference state, *J. Paleolimnol.*, 44, pp. 963–978.
- Millotte, J.-P. (1963) *Le Jura et les Plaines de la Saône aux âges des métaux*, Paris, 452 pages.
- Miola, A. (2012) Tools for Non-Pollen Palynomorphs (NPPs) analysis: A list of Quaternary NPP types and reference literature in English language (1972–2011), *Review of Palaeobotany and Palynology*, 186, pp. 142-161.
- Miras Y. (2004) *L'analyse pollinique du plateau de Millevaches (Massif central, France) et de sites périphériques limousins et auvergnats : approche des paléoenvironnements, des systèmes agropastoraux et évolution des territoires ruraux*, Thèse, Université de Franche-Comté.
- Miras Y., Summerly F. dir. (2006) *Environnement et peuplement de la moyenne montagne du tardiglaciaire à nos jours*, Actes de la table ronde internationale de Pierrefort, 19-20 juin 2003,

Série « Environnement, sociétés et archéologie », Annales littéraires de l'Université de Franche-Comté, Presses Universitaire de Franche-Comté, 205 pages.

Miras Y., Surmely F., Guenet P., Vannière B., Walter-Simonnet A.-V., Tzortzis S. (2006) Dynamiques d'occupation et histoire de l'environnement d'un terroir de moyenne montagne : la tourbière de Peyre (Lacapelle-Barrès, Cantal, Massif Central) et ses alentours. Premiers résultats, in : Miras et Surmely (dir.) *Environnement et peuplement de la moyenne montagne de Tardiglaciaire à nos jours*, Actes de la table ronde internationale de Pierrefort, 19-20 juin 2003, Série « Environnement, sociétés et archéologie », Annales littéraires de l'Université de Franche-Comté, Presses Universitaire de Franche-Comté, pp.157-182.

Miras Y., Guenet P., Cruz F., Garcia J.-P., Petit C., Guillaumet J.-P. (2013) Gestion des ressources naturelles dans le Pays de Tulle: impacts paysagers et histoire du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.) de l'Antiquité à la Renaissance d'après la palynologie, *Aquitania*, 29, pp. 311-330.

Montoya, E., Rull, V., & Van Geel, B. (2010) Non-pollen palynomorphs from surface sediments along an altitudinal transect of the Venezuelan Andes, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 297/1, pp. 169-183.

Morin E. (1990) De l'interdisciplinarité, Session plénière du comité national de la recherche scientifique, *L'interdisciplinarité*, Actes du colloque Carrefour des sciences, 12 et 13 février 1990, Palais de l'UNESCO, Paris, 272 pages.

Mouthon-Sepeau (1999) Cadre de vie des populations au-dessous du Granier au XVIème siècle, in : Académie de Savoie, *L'Éboulement du Granier et le sanctuaire de Myans*, Actes du colloque de Myans 5, 6 et 7 juin 1998, deuxième série, Tome 1, Chambéry, pp. 169-185.

Mulder C., Beure A., Joosten J. (2003) Fungal functional diversity inferred along Ellenberg's abiotic gradients: palynological evidence from different soil microbiota, *Grana*, 42, pp.55-64.

Muston Dr. (1887) *Le préhistorique dans le pays de Montbéliard et les contrées circonvoisines*, Montbéliard, V. Barbier éd., 228 pages.

Murgia L. (2011) *Contribution à l'étude des premiers indices polliniques d'anthropisation à l'aube du Néolithique dans l'est de la France et ses régions limitrophes : analyse du lac Saint-Point (Doubs)*, Master 2 Archéologie, Culture, Territoire et Environnement, Université de Franche-Comté, Besançon, 233 pages.

N

Niculescu B. (1996) *La transdisciplinarité. Manifeste*, Collection « Transdisciplinarité », J.-P. Bertrand (éd.), Editions du Rocher, 98 pages.

Nicoud G., Dzikowski M., Paillet A., Ghoreychi R., Emeric P., Chignoli M. (1999) Données nouvelles sur la nature et l'extension du glissement historique du Granier (Savoie, France), *in* : *L'éboulement du Granier et le sanctuaire de Myans*, Actes du colloque de Myans : 5, 6 et 7 juin 1998, Chambéry, Académie de Savoie, pp. 35-44.

O

Offredi, E. (1979) *L'abbaye cistercienne de Mont Sainte-Marie : XIVe et XVe siècles*, Mémoire de Maîtrise, Université de Franche-Comté, 146 pages.

P

Pachoud A. (1999) Le réseau hydrographique des versants du Granier et de ses abords, *in* : *L'éboulement du Granier et le sanctuaire de Myans*, Actes du colloque de Myans : 5, 6 et 7 juin 1998, Chambéry, Académie de Savoie, pp. 69-82.

Pals J.P., van Geel B., Delfos A. (1980) Paleoecological studies in the Klokkeweel bog near Hoogkarspel (Nood Holland), *Review of Palaeobotany and Palynology*, 30, pp. 371-418.

Passard F., Gizard S., Urlacher J.-P (2003) L'archéologie mérovingienne en Franche-Comté : bilan des recherches récentes, *in* : *Burgondes, Alamans, Francs et Romains dans l'Est de la France, le Sud-Ouest de l'Allemagne et la Suisse (Ve-VIIIe s. ap. J.-C.)*, Actes des XXIIe Journées internationales d'Archéologie mérovingienne Besançon, 20-22 octobre 2000. Presses Universitaires Franc-Comtoises n°892, ALUFC n°756, série Art et Archéologie n°47.

Payne R.-J., Lamentowicz M., Van der Knaap W.-O., van Leeuwen J.-F., Mitchell E.-A., Mazei Y. (2012) Testate amoebae in pollen slides, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 173, pp. 68-79.

Pennington W., Cambray R.-S., Eakins J.-D., Harkness D.-D. (1976) Radionuclide dating of the recent sediments from Blelham Tarn, *Freshwater biology*, 6, pp. 317-331.

Pfister C. (1988) Variations in the spring-summer climate of central Europe from the high middle ages to 1850, *in*: Wanner & Siegenthaler (eds) *Long and Short Term Variability of Climate*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 57-82.

Pfister C., Guerreau A. (1988) Une rétrospective météorologique de l'Europe. Un système de reconstitution de l'évolution du temps et du climat en Europe depuis le Moyen Âge central, *Histoire & Mesure*, vol. 3, n°3, Le climat, pp. 313-358.

Pfister C., Schwarz-Zanetti G., Wegmann M. (1996) Winter Severity in Europe: The Fourteenth Century, *Climatic Change*, 34, p. 91-108.

Picq S. (2012) *Diversité et évolution chez Vitis vinifera L. de traits impliqués dans le syndrome de domestication et dans la biologie de la reproduction*, Université de Montpellier 2.

Poitou J., Braconnot P., Masson-Delmotte V. (2015) *Le climat : la terre et les hommes*, Collection « Une introduction à », EDP Sciences, Les Ulis, 240 pages.

Popescu S.-M. (2001) *Végétation, climat et cyclostratigraphie en Paratéthis centrale au Miocène supérieur et au Pliocène inférieur d'après la palynologie*, Thèse de doctorat, Université Claude Bernard.

Puzelat M. (2002) *La France rurale. XVIème au XVIIIème siècle*. Collection Campus, éd. A.Colin, 191 pages.

Q

Quiquerez A., Langlois V., Allemand P., Tauzin B., Bichet V., Murgia L. (2014) *Le glissement historique du Mont Granier (1248)*, livret-guide GDR Transnat Lyon : 10-11 juin 2014, 13 pages.

R

Reille M. (1999) *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Université d'Aix-Marseille III, 535 pages.

Reimer, P.-J., Brown, T.-A., & Reimer, R.-W. (2004) Discussion: reporting and calibration of post-bomb ¹⁴C data, *Radiocarbon*, 46/3, pp. 1299-1304.

Reimer P.-J., Bard E., Bayliss A., Beck J.-W., Blackwell P.-G., Bronk Ramsey C., Buck C.-E., Cheng H., Edwards R.-L., Friedrich M., Grootes P.-M., Guilderson T.-P., Haflidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.-J., Hoffmann D.-L., Hogg A.-G., Hughen K.-A., Kaiser K.-F., Kromer B., Manning S.-W., Niu M., Reimer R.-W., Richards D.-A., Scott E.-M., Southon J.-R., Staff R.-A., Turney C.-S.-M., van der Plicht J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP, *Radiocarbon*, 55/4, pp.1869–1887

Réseau Ferré de France Rhône-Alpes Auvergne (2008) Analyse de l'état initial du site et de son environnement, *Dossier d'enquête préalable à la Déclaration d'utilité publique*, vol.2, chap.1.

Richard, H (1983) *Nouvelles contributions à l'histoire de la végétation franc-comtoise tardiglaciaire et holocène à partir des données de la palynologie*, Thèse de 3ème cycle, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Besançon, 155 pages.

Richard H. (1988) Palynologie et climat, *Histoire & Mesure*, III-3, pp. 359-384.

Richard, H. (1991) Analyses polliniques du Bugey : le Préboréal du lac de Bart. In R. Vivian (Ed.) Paléoenvironnement holocène et archéologie dans les Alpes du Nord et leur Piémont, *Comité des Travaux historiques et scientifiques*, Paris, pp. 31-34.

Richard H. (1994a) Indices polliniques d'une néolithisation précoce sur le premier plateau du Jura (France), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, Série IIa, Sciences de la Terre et des Planètes, 318, pp. 993-999.

Richard H. (1994b) Évaluation de l'impact de l'homme sur la végétation : l'apport de la palynologie, *Histoire & Mesure*, 9/3, pp. 305-316.

Richard H. (1995a) Indices polliniques d'anthropisation dans les diagrammes polliniques du massif jurassien, *Palynosciences*, 3, pp. 37-49.

Richard H. (1995b) Analyse de l'anthropisation du milieu à partir de quelques exemples de variations de pollens d'arbres et d'arbustes, in : *L'homme et la dégradation de l'environnement*, Actes des XVe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, 20-22 octobre 1994, Juans-les-Pins, APDCA, pp. 143-159.

Richard H. (1997) Indices polliniques de néolithisation du massif jurassien aux VIème et Vème millénaires, *Quaternaire*, 8/1, pp. 55-62.

Richard H., Gery S. (1993) Variations in pollen proportions of *Plantago lanceolata* and *P.major/media* at a Neolithic lake dwelling, Lake Chalain, France, *Vegetation History and Archaeobotany*, 2, pp.79-88.

Richard H., Ruffaldi P. (1996) L'hypothèse du déterminisme climatique des premières traces polliniques de néolithisation sur le massif jurassien (France), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 322, pp. 77-83.

Richard H., Bégeot C., Gauthier E. Ruffaldi P. (2000) Evolution du couvert végétal du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène sur la chaîne jurassienne, in : *Les derniers chasseurs-cueilleurs d'Europe occidentale (13 000 – 5500 av. J.-C.)*, Collection Annales Littéraires de

l'Université de Franche-Comté, n° 699, Série « Environnement, sociétés et archéologie », 1, pp. 29-36.

Richard L. (1971) Feuille de Montmélian (XXXIII-33), *Documents pour la carte de la végétation des Alpes*, IX, pp. 9-78.

Riera S, López-Sáez J.-A., Julià R. (2006) Lake responses to historical land use changes in northern Spain: The contribution of non-pollen palynomorphs in a multiproxy study, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141, pp.127–137.

Rieutort L. (1997) Les moyennes montagnes d'Europe occidentale : affaiblissement ou réadaptation des campagnes ? *Noröis*, 173(1), pp. 61-83.

Robbins J.-A., Edgington D.-L., Kemp K.-L.-W. (1978) Comparative ^{210}Pb , ^{137}Cs and pollen geochronologies from lakes Ontario and Erie, *Quaternary Research*, 10, pp. 256-278.

Ruffaldi, P. (1993) *Histoire de la végétation du jura méridional depuis le retrait du glacier wurmien à partir des analyses palynologiques du lac de Cerin (Ain, France)*, Thèse, Université de Franche-Comté, 254 pages.

S

Sabatier, P., Poulenard, J., Fanget, B., Reyss, J. L., Develle, A. L., Wilhelm, B., Ployon E., Pignol C., Naffrechoux E., Dorioz J.-M., Montuelle B., Arnaud, F. (2014) Long-term relationships among pesticide applications, mobility, and soil erosion in a vineyard watershed, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(44), pp. 15647-15652.

Schnitzler-Lenoble A., Carbiener R. (2007) *Forêts alluviales d'Europe : Écologie, biogéographie, valeur intrinsèque*, Lavoisier, 432 pages.

Schoellammer P. (1997) Le marais du Col-des-Roches (NE, CH) : un site de référence pour l'histoire de la végétation dans le Jura neuchâtelois, *Quaternaire*, 8, pp. 365–375.

Serneels V. (2004) Les ferrières et les hauts fourneaux du district sidérurgique du Mont d'Or (versant franc-comtois), *Minaria Helvetica*, 24b/2004, pp. 76-82.

Servera-Vives G. (2014) *Dynamique holocène du paysage et mobilités des pratiques territoriales au mont Lozère (Massif central, France): Approche paléoenvironnementale multi-indicateurs à haute résolution spatio-temporelle*, Thèse de doctorat, Université de Limoges, 376 pages.

Servera Vives G., Miras Y., Riera S., Julià R., Allée P., Orengo H., Paradis-Grenouillet S., Palt J.S. (2014) Tracing the land use history and vegetation dynamics in the Mont Lozère (Massif Central,

France) during the last 2000 years: The interdisciplinary study case of Countrasts peat bog, *Quaternary International*, 353, pp. 123-139.

Simonneau, A., Doyen, E., Chapron, E., Millet, L., Vannière, B., Di Giovanni, C., Bossard, N., Tachikawa, K., Bard, E., Albéric, P., Desmet, M., Roux, G., Lajeunesse, P., Berger, J.F., Arnaud, F. (2013) Holocene land-use evolution and associated soil erosion in the French Prealps inferred from Lake Paladru sediments and archaeological evidences, *J. Archaeol. Sci.*, 40, pp. 1636-1645.

Solomon, S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.) (2007) *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Stine S. (1994) Extreme and persistent drought in California and Patagonia during mediaeval time, *Nature*, 369, pp. 546–549.

Stockmarr J. (1971) Tablets with spores used in absolute pollen analysis, *Pollen et Spores*, 13, pp. 615-621.

Strandberg G., Kjellström E., Poska A., Wagner S., Gaillard M.-J., Trondman A.-K., Mauri A., Birks H. J. B., Bjune A.E., Davis B. A. S., Fyfe R., Giesecke T., Kalnina L., Kangur M., Kaplan J. O., van der Knaap W.-O., Kokfelt U., Kuneš P., Latałowa M., Marquer L., Mazier F., Nielsen A.B., Smith B., Seppä H., Sugita S. (2013) Regional climate model simulations for Europe at 6 k and 0.2 k yr BP: sensitivity to changes in anthropogenic deforestation, *Climate of the Past Discussion*, 9, pp. 5785–5836.

Sugita S., Hicks S., Sormunen H. (2010) Absolute pollen productivity and pollen–vegetation relationships in northern Finland, *Journal of Quaternary Science*, 25/5, pp. 724-736.

Sugita S. (2007a) Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: pollen from large sites REVEALS regional vegetation composition, *Holocene*, 17, pp. 229–241.

Sugita S. (2007b) Theory of quantitative reconstruction of vegetation II: all you need is LOVE, *Holocene*, 17, pp. 243–257.

Surmely F., Miras Y., Guenet P., Tzortzis S., Savignat A., Nicolas V., Vannière B., Walter-Simonnet A.-V (2009) Occupation and land use history of a medium mountain from the Mid-Holocene: a pluridisciplinary study performed in the south Cantal (French Central Massif), *C.R. Palevol*, 8, pp. 737-748.

T

Taylor R.-E. (1997) Radiocarbon Dating, in: Taylor R.-E., Aitken M.-J. (eds) *Chronometric Dating in Archaeology*, Springer US, pp. 65-96.

Thompson R., Oldfield F. (1986) *Environmental Magnetism*, London, Allen & Unwin, 220 pages.

Tissot B. (2009) *Plan de gestion de la réserve naturelle de Remoray 2010-2014*, Association des Amis de la réserve naturelle du lac de Remoray, 216 pages.

Tochon P. (1875) Notice sur le Phylloxera vasatrix. Histoire de son origine, son mode de propagation [...], *Bulletin de la Société Centrale d'Agriculture du Département de la Savoie*, Chambéry, 47 pages.

Troyon F. (1860) *Habitations lacustres des temps anciens et modernes*, Lausanne, Georges Bridel éd., 496 pages.

Turner S.-D., Brown A.-G. (2004) Vitis pollen dispersal in and from organic vineyards: I. Pollen trap and soil pollen data, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 129(3), pp. 117-132.

Tweddle, J.-C., Edwards, K.-J., & Fieller, N.-R. (2005) Multivariate statistical and other approaches for the separation of cereal from wild Poaceae pollen using a large Holocene dataset, *Vegetation history and archaeobotany*, 14(1), pp. 15-30.

V

Vallar C. (2015) *Apport de la séquence pollinique des Emboussoirs (Les Granges-Narboz, 25) à la connaissance de la Protohistoire dans le Massif jurassien*, Master 2 ACTE, Université de Franche-Comté.

van Engelen A. (2006) Le climat du dernier millénaire en Europe, in : Bard E. (dir.), *L'homme face au climat*, Collège de France, éd. O. Jacob, pp. 319-314.

van Geel, B. (1978) A palaeoecological study of holocene peat bog sections in Germany and The Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 25, pp.1-120.

van Geel B. (1986) Application of fungal and algal remains and other microfossils in palynological analyses, in: Berglund (dir.) *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*, Wiley, Chichester, pages 497-505.

van Geel B. (2001) Non-Pollen Palynomorphs, in: *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*, Vol 3: Terrestrial, algal, and siliceous indicators, Dordrecht: Kluwer, pp. 99–119.

van Geel B., Bohncke S.J.P., Dee H. (1980) A palaeoecological study of an upper Late Glacial and Holocene sequence from "De Borchert", The Netherlands, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 31, pp. 367-448.

van Geel B., Hallewas D.P., Pals J.-P. (1983) A late Holocene deposit under the Westfrieze Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of Noord-Holland, The Netherlands): palaeoecological and archaeological aspects, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38/3, pp. 269-335.

van Geel B., Mur L. R., Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T. (1994) Fossil akinetes of *Aphanizomenon* and *Anabaena* as indicators for medieval phosphate-eutrophication of Lake Gosciaz (Central Poland), *Review of palaeobotany and Palynology*, 83/1, pp. 97-105.

van Geel B., Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J., Aptroot A., van Reenen G., Hakbijl T. (2003) Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi, *Journal of Archaeological Sciences*, 30, pp. 873–883.

van Geel B., Aptroot A. (2006) Fossil ascomycetes in Quaternary deposits, *Nova Hedwigia*, 82, pp. 313–329.

van Geel, B., Gelorini, V., Lyaruu, A., Aptroot, A., Rucina, S., Marchant, R., Sinninghe Damsté J.-S., Verschuren, D. (2011) Diversity and ecology of tropical African fungal spores from a 25,000-year palaeoenvironmental record in southeastern Kenya, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 164(3), pp. 174-190.

van Geel B., Engels, S., Martin-Puertas C., Brauer A. (2013) Ascospores of the parasitic fungus *Kretzschmaria deusta* as rainstorm indicators during a late Holocene beech-forest phase around lake Meerfelder Maar, Germany, *Paleolimnol*, 50, pp. 33-40.

Vanniere B., Bossuet G., Gauthier E. (2000) Susceptibilité magnétique et indices polliniques, marqueurs de l'impact anthropique et de la dynamique fluviale dans la basse vallée du Doubs (Jura, France) entre le I^{er} et le VIII^e siècles après J.-C, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Series IIA - Earth and Planetary Science 331, pp. 203–210.

Vella M.-C. (2010) *Approches géomorphologique et géophysique des interactions sociétés / milieux en Corse au cours de l'Holocène*, Thèse, Université de Corse.

Vella M.-C., Tomas E., Thury-Bouvet G., Muller S. (2014) Nouvelles données sur le petit âge de glace en Corse : apports de l'analyse croisée des informations géomorphologique, palynologique et

archéologique de la piève de Santo Pietro (désert de l'Agriate, Corse), Méditerranée, 122, pp. 99-111.

Verneaux J., Guyard A., Joly D., Vidonne A. (1988) - Etude physico-chimique des sédiments du lac de St-Point (Massif du Jura) : cartographie thématique, *Ann. Limnol.*, 24 (1), pp.15-29.

Verneaux J., Verneaux V., Guyard A. (1993a) Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse de la macrofaune des sédiments. I : variété et densité de la faune, *Ann. Limnol.*, 29, pp. 59-77.

Verneaux J., Verneaux V., Guyard A. (1993b) Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des peuplements benthiques.
II. Nature de la faune, *Ann. Limnol.*, 29, pp. 383-393.

Verneaux J., Schmitt A., Verneaux V. (1995) Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des peuplements benthiques. III. Relation entre données biologiques et variables du milieu, *Ann. Limnol.*, 31, pp. 277-286.

Vidal de La Blache P. (1921) Principes de géographie humaine, Paris, A. Colin, 320 pages.

Videau J., Lajoux J.-B. (2014) Pontarlier, Les Gravilliers : *Premières données sur les occupations du Mésolithique et du Haut Moyen-Âge*, Communication à la Table Ronde Archéologie et paléoenvironnement du Haut-Jura central : Etat des lieux et perspectives, Pontarlier, 6 mai 2014.

Vion-Delphin F. (1991) L'homme et la forêt dans le Haut-Doubs au XVIII^e siècle : l'exemple de la gruerie de Pontarlier, in : Corvol A. dir. *La forêt*, Paris, Editions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques (CTHS), pp. 259-282.

W

Watteaux M. , Chouquer G. (2014) L'inflation disciplinaire et conceptuelle dans les sciences paléoenvironnementales, *Développement durable et territoires*, 5/3.

Wegmüller S. (1977) Pollenanalytische Untersuchungen zur spät-und postglazialen Vegetationsgeschichte der französischen Alpen (Dauphiné), Bern, P. Haupt, Haupt, 185 pages.

Wilhelm B. (2012) Reconstitution sédimentologique des extrêmes hydrologiques au cours du dernier millénaire dans les Alpes françaises. Relations avec les changements climatiques, Thèse, Université de Grenoble, 317 pages.

Wilhelm, B., Arnaud, F., Sabatier, P., Magand, O., Chapron, E., Courp, T., Tachikawa K., Fanget B., Malet E., Pignol C., Bard E., Delannoy, J.-J. (2013) Palaeoflood activity and climate change

over the last 1400 years recorded by lake sediments in the north-west European Alps, *Journal of Quaternary Science*, 28/2, pp. 189-199.

Y

Yeloff D., Charman D., van Geel B., Mauquoy D. (2007) Reconstruction of hydrology, vegetation and past climate change in bogs using fungal microfossils, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 146, pp. 102–145.

Z

Zaccai E., Gemenne F., Decroly J.-M. (2012) *Controverses climatiques, sciences et politique*, Paris, Presses de Sciences Po (P.F.N.S.P.) « Académique », 256 pages.

Zalc C., Lemerrier C. (2008) *Méthodes quantitatives pour l'historien*, La Découverte, coll. « Repères », 120 pages.

SOURCES ISSUES DES ARCHIVES

Archives Départementales du Doubs (ADD)

Cadastre parcellaire napoléonien Sous-série 3P			
Commune	Atlas parcellaire	État de sections	Années
Boujeons	3P81	3P81/1	1839
Brey-et-Maisons-du-Bois	3P97	3P97/1	1840
Gellin	3P265	3P265/1	1839
Granges Sainte-Marie	3P1015	3P295/1	1827
Labergement Sainte-Marie	3P322	3P322/1	1839
Remoray	3P487	3P487/1	1839
Rochejean	3P495	3P495/1	1839
Rondefontaine	3P502	3P502/1	1839
Sarrageois	3P535	3P535/1	1839

Enquêtes et statistiques agricoles Série EAC (archives communales)		
Commune	Cote	Années
Boujeons	1084F1	1873
Brey-et-Maisons-du-Bois	1071F2	1857 ; 1858 ; 1859 ; 1860 ; 1861 ; 1862 ; 1863 ; 1864 ; 1865 ; 1866 ; 1873 ; 1880
Remoray	2738F2	1852 ; 1854 ; 1855 ; 1873

Archives Départementales de Savoie (ADS)

Cadastre Sarde (sources utilisées par Biasini, 2011)			
Commune	Mappe	Livres et tabelles	Années
Apremont	C2020 ; n°163 en 6 vues	x	1732
Les Marches et Myans	C3187 ; n°232 en 6 vues	x	1732
Les Marches	C3193 ; (nouvelles limites de 1760) en 4 vues	ADS-C 3194 à ADS-C 3199	1762

LISTE DES ILLUSTRATIONS

PARTIE 1 : Les interactions sociétés-environnement en zone de moyenne montagne durant le dernier millénaire : concepts et contexte scientifique, problématiques

Figure 1 - Typologie de la montagne (d'après Hilal *et al.*, 2012)

Figure 2 - Simulations et reconstitutions climatiques pour la période 850 à 2000 de notre ère (Modifié d'après Stocker *et al.*, 2013)

Figure 3 - Localisation des zones d'étude

PARTIE 2 Matériel et méthodes

Figure 4 - Méthodes de forages

Tableau 1 - Classement des taxons sporo-polliniques

Tableau 2 - Classement des microfossiles non-polliniques

Planche 1 - Grains de pollen de *Cerealia*-type, *Secale cereale*, *Zea mays*, *Cannabis sativa*-type

Planche 2 - Grains de pollen de *Vitis*

Figure 5 - Le rapport AP/T sur les sites du massif jurassien (d'après Gauthier, 2012)

Planche 3 - Microfossiles non-polliniques

Tableau 3 - Récapitulatif des analyses paléoenvironnementales

Figure 6 - Bases théoriques et questionnements primaires de l'approche proposée

Figure 7- La mappe sarde, carte et registres (d'après Biasini, 2011)

Figure 8 - Mappes sardes des communes étudiées et reconstitution dans le SIG (Biasini, 2011)

Figure 9 - Choix d'une zone d'étude et extraction des pourcentages d'occupation des sols

Planche 4 - Quelques vues du cadastre napoléonien (lac de Remoray)

Figure 10 - Délimitation des zones traitées

Figure 11 - Résultat de la digitalisation du cadastre napoléonien autour du lac de Remoray

Figure 12 - Occupation du sol actuel autour du lac de Remoray

Figure 13 - Occupation du sol actuel autour du lac Saint-André

PARTIE 3 : 1500 ans d'histoire autour du Lac Savoureux

Figure 14 - Localisation du lac de Remoray

Figure 15 - La formation du lac de Remoray (d'après Leroux, 2011)

Figure 16 - Bassin versant et bathymétrie du lac de Remoray (d'après V. Bichet)

Figure 17 - Diagrammes ombro-thermiques (Leroux, 2011 d'après Bichet, 1997)

Planche 5a - Environs du lac de Remoray

Planche 5b - Environs du lac de Remoray

Figure 18 - Lac Saint-Point : comparaison des indicateurs biotiques, du flux détritique, du carbone organique total et des variations solaires des 11700 dernières années (Magny *et al.*, 2013)

Figure 19 - Diagramme synthétique des pollens, spores et MNP du lac Saint-Point (850 *cal. AD*-actuel) exprimé en valeurs relatives (Gauthier, 2012)

Figure 20 - Comparaison des variations de niveaux de lacs de Joux (Suisse) et Saint-Point (Doubs), des variations de l'activité solaire et de l'indice de croissance du sapin dans le Jura durant le dernier millénaire (Bichet *et al.*, 2015)

Planche 6a - Commune de Remoray, état des rendements par type de cultures

Planche 6b - Commune de Boujeons, statistique internationale de l'agriculture, 1873

Figure 21- Emplacement du forage et séquences étudiées

Figure 22 - Résultats des analyses sédimentaires de la séquence étudiée : niveaux de gris, susceptibilité magnétique, C/N et Ti/Ca.

Figure 23 - Datation de la séquence

Tableau 4 - Estimation de la résolution temporelle de l'échantillonnage choisi

Graphique 1- Récapitulatif REM1a (196-189 cm) *c.* 420-480 *cal.* AD

Graphique 2- Récapitulatif REM1b (189-177 cm) *c.* 480 à 580 *cal.* AD

Graphique 3- Récapitulatif REM1c (177 à 161cm) *c.* 580 à 700 *cal.* AD

Graphique 4- Récapitulatif REM2a (161- 147cm) *c.* 700 à 830 *cal.* AD

Graphique 5- Récapitulatif REM2b (147-137cm) *c.* 830 à 930 *cal.* AD

Graphique 6- Récapitulatif REM 3a (137- 128 cm) *c.* 930 à 1010 *cal.* AD

Graphique 7- Récapitulatif REM 3b (128-121 cm) *c.* 1010 à 1070 *cal.* AD

Graphique 8- Récapitulatif REM 4a (121-113 cm) *c.* 1070 à 1150 *cal.* AD

Graphique 9- Récapitulatif REM 4b (113 à 104 cm) *c.* 1150 à 1240 *cal.* AD

Graphique 10- Récapitulatif REM 5a (104 à 95 cm) *c.* 1240-1320 *cal.* AD

Graphique 11- Récapitulatif REM 5b (95 à 83 cm) *c.* 1320-1430 *cal.* AD

Graphique 12- Récapitulatif REM 5c (83 à 74 cm) *c.* 1430-1510 *cal.* AD

Graphique 13- Récapitulatif REM 6a (74-64 cm) *c.* 1510-1600 *cal.* AD

Graphique 14- Récapitulatif REM 6b (64-59 cm) *c.* 1600-1650 *cal.* AD

Graphique 15- Récapitulatif REM 6c (59-51cm) *c.* 1650-1720 *cal.* AD

Graphique 16- Récapitulatif REM 7a (51-40 cm) *c.* 1720-1800 *cal.* AD

Graphique 17- Récapitulatif REM 7b (40-31cm) *c.* 1800-1840 *cal.* AD

Graphique 18- Récapitulatif REM 7c (31-20 cm) *c.* 1840-1900 *cal.* AD

Graphique 19- Récapitulatif REM 8a (20-13,5 cm) *c.* 1900-1950 *cal.* AD

Graphique 20- Récapitulatif REM 8b (13,5-3 cm) *c.* 1950-1995 *cal.* AD

Graphique 21- Récapitulatif REM 8c (3-0 cm) *c.* 1995-2007 *cal.* AD

Figure 24 - Extrait de l'étude de Carry-Renaud sur les défrichements médiévaux (2011)

Figure 25 - Site de l'abbaye du Mont-Sainte-Marie à la fin du XIII^{ème} siècle
(d'après Locatelli, 1999)

Figure 26 - Chronologie générale des usines métallurgiques du district du Mont d'Or (Serneels, 2004)

Figure 27 - Extrait d'une carte visuelle du premier tiers du XVII^e siècle montrant les dégâts occasionnés à la forêt au-dessus de Mouthe, sur le sommet du Mont Risoux (lieux-dits Champ-Charbonnet et La Landoz-Neuve) ADD IIB1260 (Serneels, 2004)

Figure 28 - Occupation des sols dans le bassin versant du lac de Remoray d'après le cadastre napoléonien

Figure 29 - Résultats de la statistique internationale de l'agriculture de 1873 pour les communes de Remoray, Boujeons et Brey-et-Maisons-du-Bois

Planche 7 - Comparaison entre les données du cadastre napoléonien (1827-1840) et les données polliniques (1800-1840)

Planche 8- Comparaison entre les données cartographiques de l'occupation du sol actuel et les données polliniques

Figure 30- Les zones de pâturage

PARTIE 4 Recolonisation végétale et humaine autour du lac Saint-André suite à l'éboulement du Mont Granier (Massif de la Chartreuse, Alpes) en 1248

Figure 31- Localisation de la zone d'étude du Granier, à la frontière de la Savoie (couleurs franches) et de l'Isère (carte RRA- Région Rhône-Alpes)

Figure 32- Glissement des couches marneuses et évolutions en coulées boueuses (Nicoud *et al.*, 1998)

Figure 33- Les différentes limites proposées pour l'extension du glissement de 1248 (Biasini, 2011)

Figure 34- Le glissement du Mont Granier dans le paysage actuel

Figure 35- Le paysage bouleversé des Abymes de Myans

Figure 36- Comparaison entre le réseau hydrographique du XVIIIème siècle et l'actuel (Biasini, 2011)

Figure 37- Trois lacs formés post-éboulement. Le lac Saint-André (1 ; 295 m. d'altitude) et le lac des Pères (2 ; 332 m. d'altitude) en contrebas de la coulée. Le lac Noir (3 ; 717 m. d'altitude), en voie de comblement sous les contreforts du Mont Granier

Figure 38- Données de températures, pluviométrie et vents

Tableau 5 – Histoire de la végétation dans les Alpes du Nord (d'après Court-Picon, 2007)

Figure 39 – Comparaison de la chronique des crues du lac Blanc BAR avec des enregistrements hydrologiques nord alpins et jurassiens (Wilhelm, 2012)

Figure 40- Localisation du lac Saint-André

Figure 41- Le lac de Saint-André : bathymétrie et localisation des forages

Figure 42- Occupation du sol actuel autour du lac Saint-André et limites du bassin-versant

Figure 43 – Vue du lac Saint-André. Au second plan, à droite, les vignobles situés sur le versant ouest du lac. À l'arrière-plan, le Mont Granier (1933 m.)

Figure 44 - Lac Saint-André : unités sédimentaires, susceptibilité magnétique (SM) et densité ; LOI et XRF

Figure 45- Datation de la séquence du lac Saint-André

Figure 46 - Aspect de l'Abyme à la fin de 1248 (modifié d'après Garlatti, 2013)

Figure 47 - Carte du paysage probable au-dessous du Granier au XVIème siècle (Mouthon-Sepeau, 1999)

Figure 48 - Les données de la mappe sarde (1732-1760). (a) Les communes actuelles de Apremont, Les Marches et Myans (Biasini, 2011) (b) Focus sur les environs du lac Saint-André.

Figure 49 - *Phylloxera vastatrix* (dans Tochon, 1875 ; source : BNF)

Figure 50 - Le lac Saint-André aujourd'hui vu depuis les versants ouest (source : PLU Les Marches)

Planche 9 - Comparaison entre les données cadastrales de la mappe sarde (1732-1760) et les données polliniques du lac Saint-André (1720-1760)

Planche 10 - Comparaison entre les données cartographiques de l'occupation du sol actuel et les données polliniques des dix dernières années du lac Saint-André.

Abréviations

AD : *Anno Domini*

ADD : Archives Départementales du Doubs

ADS : Archives Départementales de Savoie

AP/T : Rapport entre le total des Pollens d'Arbres et le total des Pollens Terrestres

BNF : Bibliothèque Nationale de France

BP : Before Present

BD : Base de Données

c. : *circa*

cal. : âge calibré

CLC : Corine Land Cover

EAC: archives communales déposées (ADD)

EPD : European Pollen Database

HIPA : Herbacées Indices Polliniques d'Antropisation

IGN : Institut Géographique National

MNP : Microfossiles Non-Polliniques

OM : Optimum Médiéval

PAG : Petit Âge Glaciaire

RA : Réchauffement Actuel

RPG : Registre Parcellaire Graphique

SIG : Système d'Information Géographique

TPT : Total des Pollens Terrestres

ZAP : Zone d'Assemblage Pollinique

Mémoire des lacs et mémoire des sociétés du Moyen Âge à nos jours :

approche palynologique et historique de la moyenne montagne jurassienne et alpine
(lac de Remoray, Doubs ; glissement du Mont Granier, Savoie)

L'objectif principal de cette thèse a été d'établir une histoire précise des interactions sociétés-environnement durant le dernier millénaire dans deux zones de moyenne montagne, territoires particulièrement sensibles aux aléas naturels ainsi qu'aux événements politiques, économiques et sociaux à travers un jeu de données multiples issues de différentes disciplines. L'étude de deux séquences sédimentaires lacustres de sites jurassien et alpin, grâce à l'outil palynologique - grains de pollen, spores et microfossiles non-polliniques -, particulièrement développé ici avec la haute-résolution, croisé avec l'étude des données historiques et archivistiques nous a permis, en plus de fournir un corpus complémentaire, de tester une approche comparative (données polliniques *vs* données cadastrales). Au lac de Remoray (Doubs, massif jurassien, 850 m d'altitude), l'étude a précisé le schéma du processus d'occupation de cette partie de la haute vallée du Doubs. Les données du haut Moyen Âge illustrent une fois de plus que l'idée qu'un désert forestier précédant l'arrivée des moines défricheurs est à nuancer. L'installation des communautés religieuses durant les XI^{ème}-XIII^{ème} siècles, et l'influence des pouvoirs seigneuriaux sur cette zone stratégique, semblent toutefois l'étape clef dans la mise en place d'un peuplement durable. Les activités économiques se diversifient et prennent leur essor durant les siècles suivants bien que certaines périodes soient marquées de crises socio-politiques et traversées par les effets, plus ou moins ressentis, du Petit Âge Glaciaire. Il faudra attendre la transition XIX^{ème}-XX^{ème} siècle pour que les paysages sylvo-pastoraux que nous connaissons actuellement se mettent en place. Situé un peu plus au sud (Savoie, massif de la Chartreuse), notre second site d'étude trouve son origine dans ce qui donne à la montagne une autre identité : les risques naturels. Le site est le témoignage d'une zone dévastée en 1248 de notre ère par un immense glissement de terrain suite à la chute d'une partie du Mont Granier (1933 m d'altitude). Cet événement, privant une partie de la vallée de cinq paroisses et d'un millier d'habitants, a engendré rapidement un nouveau territoire, aussi bien topographique, végétal que socio-économique. L'observation particulière des sédiments du lac Saint-André formé post-éboulement a offert l'occasion de suivre pas à pas cette reconquête végétale et humaine, appuyé par les approches géologiques, géographiques, archéologiques et historiques qui animent la recherche de façon récurrente. Les résultats obtenus témoignent d'une période de recolonisation végétale suivie d'une reconquête agro-pastorale relativement rapide, avec comme particularité la mise en place d'un territoire viticole. L'enregistrement sédimentaire particulier de ce lac a permis de suivre, en plus des indices d'une agriculture vivrière variée jusqu'au début du XX^{ème} siècle, le témoignage pollinique particulier de la vigne qui deviendra petit à petit une monoculture.

Mots-clefs : interactions sociétés-environnement ; paléoenvironnement ; palynologie ; histoire ; dernier millénaire ; moyenne montagne ; lac de Remoray ; Jura ; Mont Granier ; Alpes.

Memory of lakes and memory of societies from the Middle Ages to our days :

palynological and historical approach of the Jura and alpine middle mountain area
(Lake Remoray, Doubs; Mont Granier's landslide, Savoy).

The main objective of this thesis was to establish a precise story of the interaction between societies and environment during the last millennium, in two zones of middle mountain area, which are particularly sensitive to the natural hazards as well as to the political, economic and social events, through a set of multiple data. The high-resolution study of two lacustrine sediment cores in two Jura and alpine sites, thanks to the palynological tool - pollen grains, spores and non-pollen palynomorphs - and the study of the historical and archival data allowed us, besides supplying a complementary corpus, to test a comparative approach (pollen *vs* cadastral data). At Lake Remoray (Doubs, Jura massif, 850 m asl.), the study specified the settlement process. The data of the Early Middle Ages, illustrate one more time that the idea that a forest desert preceding the arrival of the monks land-clearers is to be revised. The installation of religious communities during the XI-XIIIth centuries and the influence of the seigniorial powers in this strategic zone seem however the key stage in the implementation of a sustainable settlement. Economic activities diversify and take their development during the next centuries although certain periods are marked with sociopolitical crises and cross effects, more or less felt, of Little Ice Age. It will be necessary to wait for the XIX-XXth century transition to see the development of the recent silvo-pastoral landscape. Our second site of study finds its origin in what gives to the mountain another identity: the natural risks. The site is the testimony of a zone destroyed in 1248 AD by an immense landslide further to the fall of a part of the Mount Granier (Savoy, massif of the Chartreuse ; 1933 m asl.). This event, depriving the valley of five parishes and a thousand inhabitants quickly engendered a new territory, in terms of topographic, vegetal as well as socioeconomic aspect. The particular observation Lake Saint André lacustrine sequence, formed post-collapse, offered the opportunity to follow step by step this vegetal and human recovery, supported by the geological, geographical, archaeological and historic approaches which liven up the research in a recurring way. The results show of a period of vegetal recolonisation followed by a relatively fast agro-pastoral recovery with, as peculiarity, the implementation of a wine-making territory. The sedimentary recording of this lake allowed following, besides the indications of a varied food-producing farming till the beginning of the XXth century, the particular pollen testimony of the vineyard which will gradually become a monoculture.

Keywords : human-environmental interactions ; palaeoenvironment ; last millennium ; palynology ; history ; middle mountain areas ; lake Remoray ; Jura ; Mont Granier ; Alps.